

К. В. МИРОНОВ

---

РАЗВЕДКА  
И ГЕОЛОГО-  
ПРОМЫШЛЕННАЯ  
ОЦЕНКА  
УГОЛЬНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ



МОСКВА • «НЕДРА» • 1977

Миронов К. В. Разведка и геолого-промышленная оценка угольных месторождений. М., «Недра», 1977. 253 с.

В книге изложены краткие сведения по геологии угольных месторождений и основные принципы геолого-промышленной их оценки.

С учетом современных требований к изученности геологического строения угольных месторождений, качества и технологических свойств углей, горно-геологических условий эксплуатации разработаны основные положения методики разведки и подсчета запасов углей. Рекомендации по разработке кондиций, производству поисковых и геологоразведочных работ, подсчету запасов и оформлению результатов геологических исследований увязаны с принятыми в последние годы законодательными решениями в области охраны недр, требованиями проектных и эксплуатационных организаций.

Книга рассчитана на инженеров геологов и горных инженеров; она может быть использована также в процессе обучения студентов геологоразведочных и горных вузов.

Табл. 30, ил. 72, список лит. — 48 назв.

В основу настоящей работы положены материалы книги автора «Геолого-промышленная оценка угольных месторождений» (1963) и «Поиски и разведка угольных месторождений» (1966), существенно дополненные и переработанные с учетом научно-технического прогресса в области разработки и промышленного использования ископаемых углей, а также совершенствования методов геологического изучения угольных месторождений.

В работе учтены основные положения принятых в последние годы законодательных решений по дальнейшему усилению охраны недр, рациональному комплексному использованию минеральных ресурсов, улучшению геологического изучения недр, повышению эффективности геологоразведочных работ и достоверности их результатов. Усилено внимание к геолого-экономическому подходу при производстве геологических исследований и промышленной оценке разведанных месторождений. Учтены требования проектных и эксплуатационных организаций к полноте и качеству необходимых исследований, содержанию геологических материалов. Пополнены основные сведения по геологии угольных месторождений, особенностям качества угля, горно-геологическим условиям разработки. В соответствии с накопленным опытом в проведении геологоразведочных работ и освоении месторождений уточнены методические принципы разведки, опробования и подсчета запасов.

В основу разработанных предложений и рекомендаций в области методики обоснования кондиций, проведения геологоразведочных работ и подсчета запасов положен многолетний опыт рассмотрения Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР технико-экономических обоснований кондиций и геологических отчетов по результатам детальной разведки угольных месторождений. В книге использованы основные положения классификации запасов месторождений твердых полезных ископаемых и инструкции по ее применению к месторождениям углей и горючих сланцев, а также инструкций ГРЗ СССР о содержании и порядке представления на утверждение технико-экономического обоснования кондиций, материалов по подсчету запасов углей и горючих сланцев, условий использования данных каротажа при подсчете

разведанных запасов углей и другие методические и инструктивные материалы, в разработке которых принимал участие автор.

В связи с ограниченностью объема книги в ней освещены принципиальные положения геолого-промышленной оценки и методики производства геологических исследований угольных месторождений и подсчета запасов углей, учет которых, по нашему мнению, необходим при разведке любого изучаемого объекта. Это не исключает возможности и целесообразности детализации методических и технических приемов изучения месторождений и их оценки применительно к особенностям геологического строения многочисленных бассейнов, угленосных районов и площадей, известных на территории Советского Союза.

Вопросы изучения гидрогеологических, инженерно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации рассмотрены в работе менее детально. Изложение проведено в основном в форме постановки задач, которые должны быть разрешены на различных стадиях разведочного процесса. Имеется в виду, что по этим специфическим проблемам в последние годы опубликован большой фактический материал с детальной их проработкой и методическими указаниями по производству необходимых исследований в конкретных условиях.

Морфологические черты угольных месторождений, технология их вскрытия и отработки имеют много общих черт с месторождениями горючих сланцев. Это позволяет рекомендовать использование значительной части содержащихся в книге положений по методике разведки, опробования и подсчета запасов углей при ведении геологоразведочных работ на горючие сланцы.

## Глава I

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ГЕОЛОГИИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

#### § 1. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПРОЯВЛЕНИЯ УГЛЕННОСТИ

Углеобразование является одним из региональных геологических процессов, охвативших все континенты. Этот процесс протекал и возобновлялся при благоприятном сочетании климатических, фитогеологических и геоморфологических предпосылок, тесно связанных с характером движений земной коры. Геотектонический режим колебательных движений областей углеобразования обусловил полифаціальность и ярко выраженную ритмичность строения угленосных формаций, парагенетические связи комплексов слагающих их пород, пространственное распространение формаций, их мощность и характер угленосности.

Основные факторы углеобразования изменялись во времени, и процесс его эволюционировал вместе с общим ходом геологического развития Земли. К настоящему времени установлен ряд общих и частных закономерностей, определивших размещение и морфологические особенности угольных месторождений, масштабы, характер углеобразования и качество углей. Эти закономерности имеют взаимосвязанный возрастной и тектонический характер.

Одной из основных закономерностей является приуроченность угленосности к определенным стратиграфическим подразделениям и комплексам осадочных пород. Для углеобразования существенное значение прежде всего имели возникновение и эволюция растительных форм. Как справедливо отмечал И. И. Горский (1960): «Для понимания закономерностей процесса угленакопления весьма важно усвоить, что он связан с сушей и что история угленакопления есть в значительной мере история развития суши, ибо и развитие наземной растительности связано с сушей, и отложение и захоронение растительной массы также происходит на суше или, в крайнем случае, на ее окраине» (стр. 176).

Из этого положения следует, во-первых, что морская фаціальная обстановка седиментации исключает возможность углеобразования, и последнее присуще только некоторым частным фаціальным обстановкам — лагунной, дельтовой, озерно-болотной и конусов выноса прибрежно-морского, прибрежно-континентального и внутриконтинентального (по Г. А. Иванову) осадконакопления.

Во-вторых, угленосность в соответствующих комплексах осадочных пород свойственна лишь более поздним периодам геологического развития Земли, когда наземная растительность вышла на сушу и получила как пространственное, так и качественное развитие. Такой компонент угольного вещества, как споры, обнаружен С. Н. Наумовой (1951 г.) даже в докембрийских отложениях. Наличие в осадочных толщах гумусовых углей установлено в силуре (Средняя Азия). Но промышленные месторождения угля известны только начиная с девона. Получившие развитие в среднем палеозое влаголюбивые

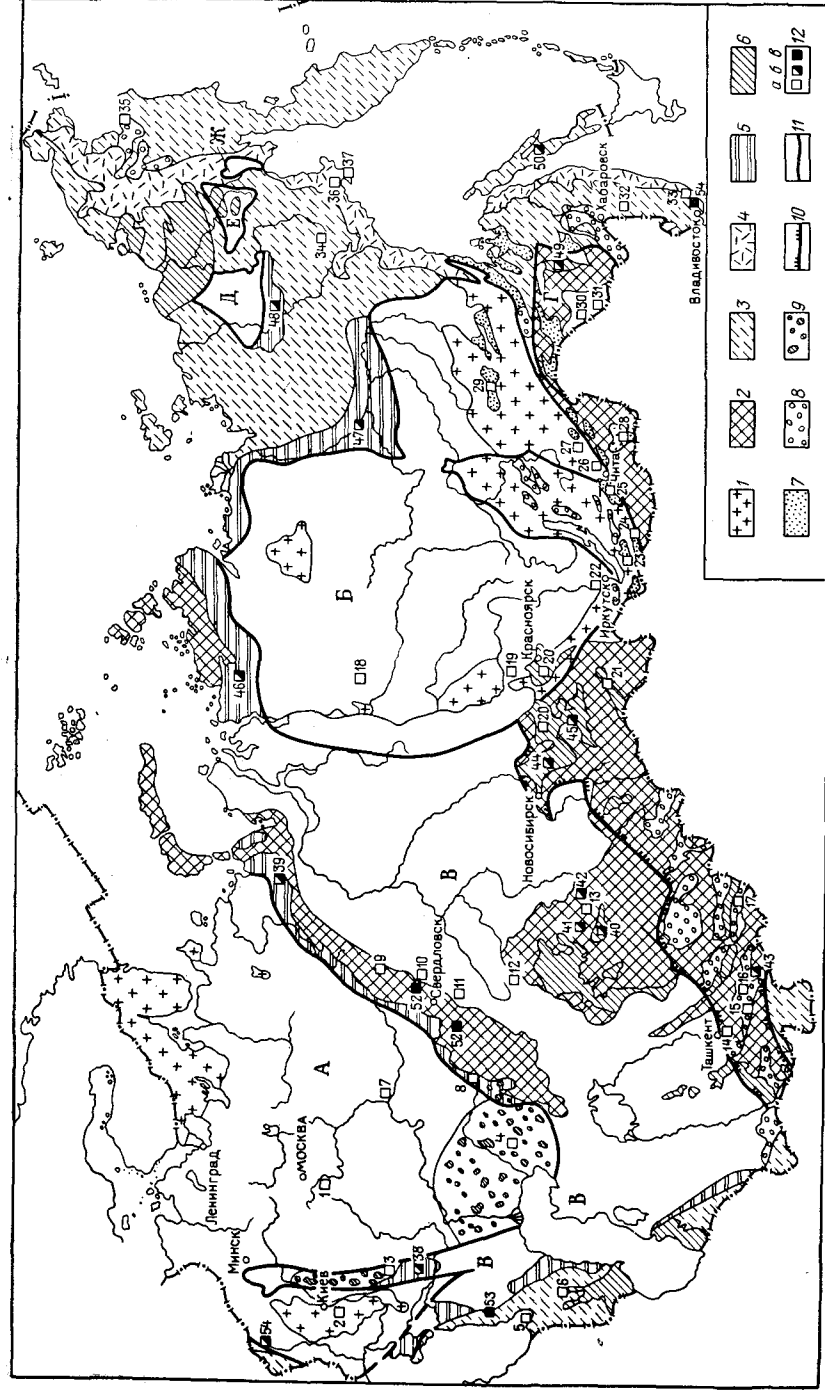


Рис. 1. Приуроченность основных угольных бассейнов и месторождений СССР к структурным элементам (границы платформ и областей складчатости нанесены с тектонической карты Евразии, 1966).

Платформы древние: А — Русская (Восточно-Европейская); Б — Сибирская; В — Урало-Сибирская (Восточно-Евразийская); Г — Дунбейская, средние массивы: Д — Колымский; Е — Омолонский; Ж — Тайгосский. Выходы на поверхность пород в областях складчатости: 1 — дорифейской и байкальской; 2 — каледонской и герцинской; 3 — мезозойской и альпийско-нальманской; 4 — вулканогенно-осадочного комплекса Чунотско-Катаганского пояса, Прорубы и впадины; 5 — краевые; 6 — впадины на геосинклинальной территории; 7 — тектоногенно-осадочного комплекса Чунотско-Катаганского пояса, Прорубы и впадины; 8 — неотектонические (КЗ); 9 — области развития соляных куполов; 10 — границы Центральной Азиатской области эпиплатформенного орогенеза (по Р. Г. Гурееву, 1972); 11 — границы платформ; 12 — угольные бассейны и месторождения; 13 — Тибетское; 14 — Камская площадь; 15 — Подмосковный; 16 — Ангрэнское; 17 — Дунганское; 18 — Чжэнчэнское; 19 — Куньминское; 20 — Канско-Ачинский; 21 — Улуксумский; 22 — Иркутский; 23 — Гусиносерское; 24 — Тарбагатайское; 25 — Татауровское; 26 — Черноское; 27 — Арбагарское; 28 — Харанорское; 29 — Южно-Иркутский; 30 — Сибирское; 31 — Кавказокавказское; 32 — Бийское; 33 — Угловское; 34 — Арбагарское; 35 — Бухты Угольной; 36 — Ланковское; 37 — Мельковское; 38 — переходной (эпиплатформенной); 39 — Донецкий; 40 — Печорский; 41 — Карагадинский; 42 — Самарское; 43 — Эмбагустское; 44 — Угловский; 45 — Кузнецкий; 46 — Милуновский; 47 — Ленский; 48 — Зырянский; 49 — Буринский; 50 — Сахалинский; 51 — Тильково-Большой; 52 — геосинклинальный; 53 — карбоновые месторождения восточного склона Урала; 54 — Пармизанский

папоротникообразные растения были тесно связаны с водой, что ограничивало размещение областей угленакопления приморскими или постепенно терявшими связь с морем равнинами, где образовывались паралические угленосные толщи. С дальнейшей эволюцией растительных форм и расселением их на суше связано перемещение областей углеобразования в глубь материков, массовое развитие лимнических угленосных толщ и большое разнообразие степени и характера угленасыщенности угленосных формаций. Изменения климатических и фитогеографических условий углеобразования отражались и на вещественном составе углей. В каждой из эпох углеобразования выявлены угли различных петрографических типов. Но отдельным из них свойственны характерные и наиболее распространенные литотипы. Так, в нижнем карбоне преобладают матовые споровые дюрены, среднем карбоне — блестящие кларены, перми — полуматовые полосчатые фюзено-ксилено-ксиловитрены, нижней юре — фюзено-ксиленовые угли, средней юре — кларены. В палеоген-неогеновых отложениях получили развитие землистые, лигнитовые и торфовидные разновидности углей.

Ведущее значение для пространственного распределения площадей углеобразования имела история тектонического развития различных областей земной коры и соподчиненных им более мелких структурных элементов. Характер и интенсивность колебательных движений во взаимобусловленном взаимодействии с палеогеографическими факторами (рельефом, климатом и растительностью) определяли основные морфологические черты угленосных формаций, закономерности их строения, характер и степень угленасыщенности, качество углей, сохранность угленосных формаций от последующей денудации.

Современное размещение угольных бассейнов и месторождений, как и учтенные запасы углей, естественно не отражают в полной мере масштабы углеобразования, происходившего в отдельные периоды геологического развития. Последующие за углеобразованием геологические процессы, сопровождавшиеся тектонической перестройкой залегания угленосных формаций и их разрушением, внесли существенные изменения в размеры угленосных площадей; угленосность и количество запасов угля во многих случаях характеризуют лишь останцы первоначальных угольных массивов.

Восстановление геотектонических и палеогеографических условий углеобразования показывает, что крупные эпохи углеобразования отчетливо связываются с заключительными этапами основных циклов и фаз тектогенеза — периодом медленных колебательных движений земной коры на фоне длительного общего погружения крупных областей и участков литосферы.

Угленосные отложения приурочены к различным отрицательным структурам орогенных ярусов складчатых областей, древних и молодых платформ (рис. 1).

Геосинклинальные условия осадконакопления, характеризующиеся преобладанием морской обстановки седиментации, резкой контрастностью колебательных движений, широким проявлением интрузивного и эффузивного магматизма, не создавали благоприятных предпосылок для углеобразования. Резкая тенденция к погружению преодолевалась лишь на локальных площадях, где возникали условия для накопления континентальных, в том числе угленосных, отложений.

Угленосные формации, синхронные собственно геосинклинальному этапу развития тех или других областей, имеют крайне ограниченное распространение.

Крупное по масштабам углеобразование связано с мощными многопластовыми угленосными формациями, приуроченными к краевым прогибам, образовавшимся в заключительном этапе геосинклинального развития на границах платформенных и геосинклинальных областей (рис. 2).

В областях каледонской складчатости, проявившейся на обширных площадях к югу и юго-западу от Сибирской платформы, краевые прогибы неизвестны. Каледонская складчатость не завершилась и образованием платформ. В выдвинутой Н. С. Шатским теории стадийности геосинклинального процесса

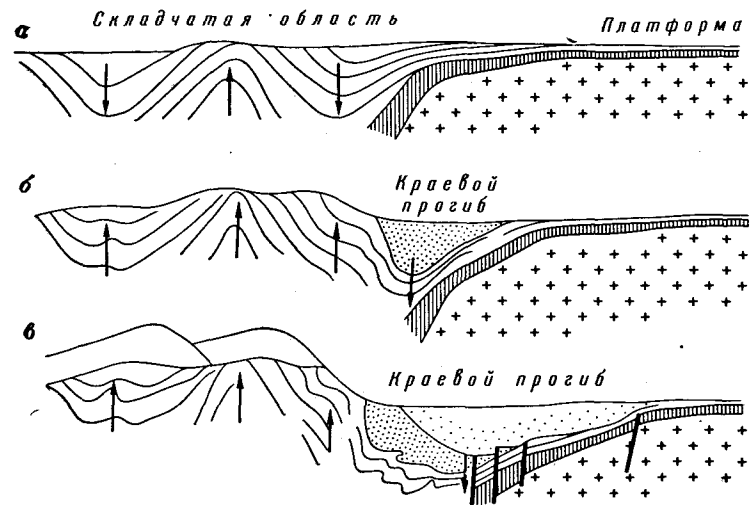


Рис. 2. Стадии развития краевого прогиба. По А. А. Богданову и Ю. М. Пушаровскому:  
а — геосинклинальная стадия развития складчатой области; б — первая стадия развития краевого прогиба; в — вторая стадия развития краевого прогиба

каледонская складчатость рассматривается как подготовительный этап мощной герцинской складчатости, а оба этих цикла — как крупный этап единого тектонического процесса палеозойской стадии развития земной коры, завершившегося к началу мезозоя, когда на складчатых палеозойских структурах начал формироваться платформенный чехол.

Согласно современным представлениям (Тектоника Евразии, 1966 г.), в орогенном этапе развития поздних каледонид длительное время существовал промежуточный тектонический режим, с которым связывается возникновение и развитие своеобразных структурных форм — средне- и верхнепалеозойских унаследованных прогибов и наложенных впадин.

К некоторым из этих структур приурочено мощное по масштабам угленакопление. К унаследованным средне- и верхнепалеозойским прогибам в СССР приурочены Карагандинский, Кузнецкий бассейны, к наложенным впадинам — Минусинский и Экибастузский. Аналогом может рассматриваться Буреинский бассейн, приуроченный к впадине в орогенном массиве мезозойд Приморья.

В отличие от угольных бассейнов, связанных с краевыми прогибами, угольные бассейны, приуроченные к внутренним прогибам и впадинам, не имеют платформенного обрамления, для них характерна большая изометричность

(чем у линейно вытянутых краевых прогибов) формы. Внутренние прогибы и впадины находятся обычно на стыке крупных антиклинорий и со всех или с нескольких сторон ими обрамляются (рис. 3).

Герцинская складчатость сопровождалась образованием крупных краевых прогибов; еще большее развитие они получили в результате мезозойского и особенно альпийского циклов тектогенеза, что, по мнению Ю. М. Пушаровского,

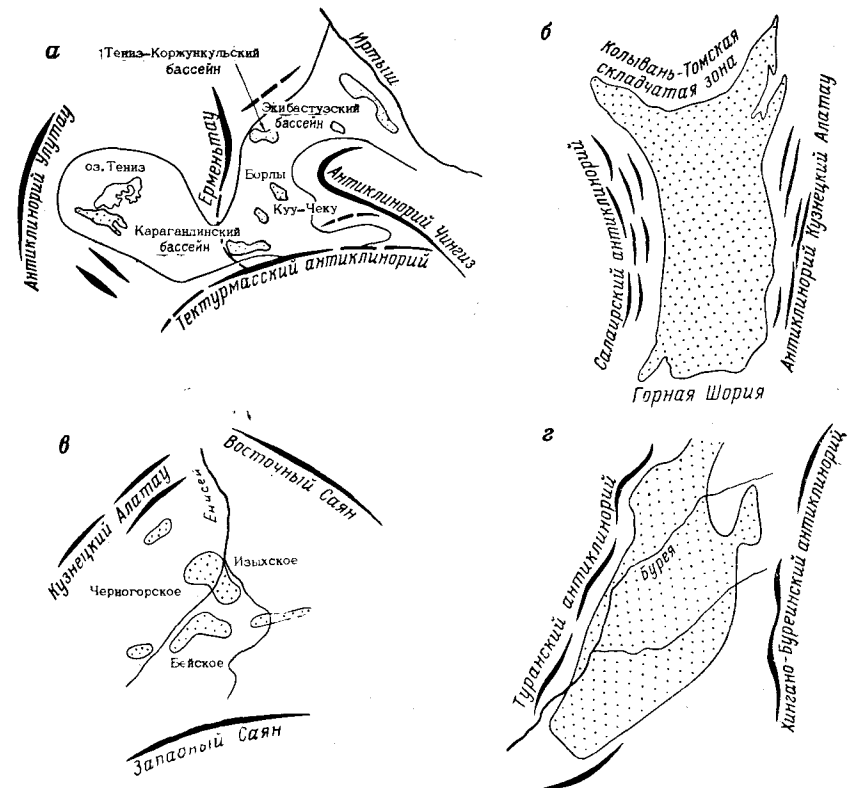


Рис. 3. Тектоническое обрамление угольных бассейнов, связанных с внутренними прогибами на геосинклинальном основании. По И. В. Дорохину:  
а — Карагандинского; б — Кузнецкого; в — Минусинского; г — Буреинского

отражает эволюцию активности геосинклинального развития, оказывавшего в более позднее время исключительно мощное воздействие на окраинные части платформ. Однако высокая продуктивность угленосных формаций в СССР проявилась в палеозойских и некоторых мезозойских краевых прогибах, в большинстве альпийских краевых прогибов угленосность проявилась слабо или вообще не выявлена.

Из известных на территории СССР краевых прогибов наличием угленосных формаций обладают: Донецкий, Предуральский, Таймырский герцинского возраста, Приверхоанский и Колымский мезозойского возраста, условно относимый к краевым прогибам Сахалинский альпийского возраста. Угленосные формации, связанные с развитием краевых и внутренних прогибов, обладают большой (2—18 км) мощностью и высокой угленасыщенностью; они содержат

огромные запасы углей различного качества, в том числе наиболее ценных для промышленного использования марок.

Угленосные формации, приуроченные к осадочному чехлу древних (с докембрийским фундаментом) платформ, существенно отличаются от образовавшихся при формировании осадочного чехла молодых (с палеозойским основанием) платформ. Большое разнообразие структурных форм молодых платформ, с развитием которых связано углеобразование, по-видимому, также является следствием общего изменения во времени характера тектонических процессов. Но в данном случае существенное значение имело также время возникновения наземной растительности и эволюция ее развития. Образовавшиеся до девона грабенообразные впадины древних платформ заведомо выполнены безугольными отложениями (образование угленосной формации в Донецкой части Припятско-Днепровско-Донецкого авлакогена Русской платформы связывается с развитием ее как поперечного краевого прогиба или парагеосинклинали). Формирование осадочного чехла и процессы углеобразования на внутренних частях древних платформ в палеозойское и более позднее время происходили в синеклизах с медленным и плавным характером колебательных движений относительно небольшой амплитуды. Это определило малую мощность угленосных формаций, невысокую степень угленасыщенности, слабый метаморфизм углей и несложность тектоники месторождений (например, Подмосковский бассейн, северо-западная часть Иркутского бассейна).

На структурном облике окраин древних платформ отразилось влияние мощных тектонических движений в смежных складчатых областях. В формировании здесь локальных прогибов режим колебательных движений в период визейско-намюрского (Львовско-Волынский бассейн в прикарпатской части Русской платформы), пермского и юрского (присаянские части Тунгусского, Канско-Ачинского и Иркутского бассейнов) углеобразования был близок к режиму, свойственному приплатформенным частям крупных краевых прогибов. С влиянием мощных тектонических движений в смежных геосинклинальных областях связывают возникновение тектонических впадин на Украинском и Алданском щитах древних платформ, в которых формировались месторождения Днепровского и Южно-Якутского бассейнов.

Формирование осадочного чехла молодых платформ происходило в послепалеозойское время. Эволюция наземной растительности с продвижением ее внутрь материков сопровождалась резким расширением масштабов углеобразования. Развитие любых отрицательных форм на молодых платформах могло при благоприятном сочетании тектонических, фациальных и климатических предпосылок сопровождаться процессами угленакопления. Диапазон структурных элементов, с развитием которых было связано образование угленосных формаций, здесь гораздо разнообразнее, чем на древних платформах. Промышленное угленакопление имело место в крутых посторогенных впадинах в палеозойском фундаменте, где формировался зачаточный прерывистый осадочный чехол молодых платформ. Еще большее распространение получили угленосные формации в многочисленных унаследованных и наложенных впадинах, синеклизах и неотектонических впадинах.

В платформенных угленосных формациях содержится около 60% учтенных мировых геологических запасов ископаемых углей. Угольные бассейны и месторождения платформенного типа при благоприятных географо-экономических и горно-геологических условиях интенсивно осваиваются. При неглубоком залегании мощных пластов они являются основными объектами разработки углей открытым способом. На промышленном значении их отрицательно ска-

зывается низкая степень углефикации углей. Лишь отдельные платформенные бассейны и месторождения, в частности в областях, где проявились процессы эпи платформенного орогенеза (Кизеловский бассейн, некоторые месторождения Средней Азии), содержат каменные угли. Преобладающая же часть платформенных угленосных формаций содержит бурые угли.

## § 2. СОСТАВ И СТРОЕНИЕ УГЛЕНОСНЫХ ФОРМАЦИЙ И ИХ УГЛЕНОСНОСТЬ

Угленосные формации представляют собой зонально построенные геологические тела, сложенные парагенетически связанными полифациальными комплексами угленосных пород. Площади непрерывного распространения угленосных формаций колеблются в широких пределах — от долей до сотен тысяч квадратных километров, мощности — от десятков метров до 20 км.

В подавляющей массе угленосные формации сложены песчано-глинистыми, в подчиненном значении — грубообломочными (галечниками, конгломератами и брекчиями) осадками; в небольшом объеме в них иногда содержатся карбонатные и вулканогенные породы, обязательным является наличие углей и углистых пород.

Характерной особенностью угленосных формаций является ритмичность их строения. Почти любой разрез угленосной формации расчленяется на более или менее отчетливо выраженные ритмы с закономерной последовательностью изменения гранулометрического состава. В полных ритмах происходит увеличение крупности зерен осадков (стратиграфически снизу вверх) от наиболее тонкозернистых (угли, известняки) до наиболее крупнозернистых и затем в обратной последовательности к наиболее тонкозернистым. Неполные гранулометрические ритмы (сохранившаяся верхняя часть полного ритма) накладываются с размывом на подстилающие породы.

Ритмичность строения угленосных формаций по гранулометрическому составу сопровождается ритмичностью по цвету осадков — переходом от черного цвета углей и углистых пород к темно-серому цвету при обогащении глинистым веществом, к серым алевритовым и светлым песчаным разностям пород. Соответственно наблюдается закономерная изменчивость в размерах первичной слоистости, количественном распределении растительных остатков, конкреционных включений, карбонатности пород и других показателей. Ряд исследователей (Е. П. Брунс, О. Ф. Грачева, Г. А. Иванов, Ю. А. Жемчужников, М. М. Риттенберг, В. С. Яблоков и др.) указывают на взаимосвязь мощностей и сложности строения ритмов с угленосностью разреза. Увеличение мощностей основных ритмов и более простое их строение сопровождаются концентрацией угленосности в более мощных угольных пластах, уменьшение мощностей ритмов и усложнение их строения приводит к рассеиванию угленосности по разрезу и малой ее продуктивности.

Площадное распространение угленосной формации, ее мощность, фациальный состав, характер угленосности, вещественный состав и качество угля, закономерности пространственного изменения этих и других показателей отражают глубокую коррелятивную связь процессов углеобразования с геотектоническими режимами осадконакопления.

Так, угленосные формации, приуроченные к **центральному наиболее активным частям геосинклиналей**, имеют ограниченное распространение. Мощность формаций резко изменчивая — от сотен до нескольких тысяч метров, для их разреза характерны частые и быстрые фациальные переходы в вертикальном и латеральном направлениях, замещение континентальных осадков морскими

и туфогенными образованиями. Характер перехода от подстилающих пород к угленосным обычно резкий, со стратиграфическим перерывом. Промышленно-угленосные площади чередуются со слабо угленосными или безугольными площадями. Так, в пределах Главной Егоршино-Каменской полосы развития нижнекарбонных угленосных отложений на восточном склоне Урала, прослеживающейся без перерыва на 200 км по простиранию, промышленно-угленосной является лишь 20% общей площади. Максимумы угленасыщенности приурочены к ограниченным площадям (месторождениям), где общее число угольных пластов достигает нескольких десятков. Рабочую мощность (в среднем 1—2 м) имеют единичные пласты, для которых характерны генетические и тектонические раздувы и пережимы, чередующиеся на сравнительно коротких расстояниях. Угли каменные и антрациты. В связи со сложным геологическим строением и ограниченными запасами промышленная значимость угленосных формаций геосинклинальной группы невелика.

Угленосные формации, приуроченные к **краевым прогибам**, характеризуются большим площадным распространением (десятки и сотни тысяч квадратных километров). Границы формаций вблизи складчатых областей — тектонические, а на склонах платформ определяются контурами выклинивания угленосных пород. Переход от подстилающих пород к угленосным, как правило, постепенный, карбонатные отложения открытого моря вверх по разрезу сменяются терригенными прибрежно-морскими, и прибрежно-континентальными и внутриконтинентальными осадками. В некоторых случаях (Донецкий прогиб) карбонатные морские отложения распространены в виде пластов и прослоев по всему разрезу угленосной формации, свидетельствуя о кратковременных регрессиях моря на территории краевого прогиба в процессе формирования угленосной формации. Наиболее типичной является лагунная фациальная обстановка углеобразования. Отчетливо выражена ритмичность строения толщ.

Мощности угленосных формаций закономерно нарастают от десятков и сотен метров в приплатформенных до нескольких и более 10 км в наиболее погруженных частях прогибов. Соответственно общее число пластов возрастает от единиц и десятков до нескольких сотен, в основном за счет расщепления; большая часть пластов при этом постепенно утрачивает промышленное значение и выклинивается. Преобладают пласты весьма тонкие (до 0,5 м) и тонкие (0,5—1,3 м), лишь единичные пласты достигают мощности в несколько метров (часто за счет слияния нескольких пластов). Увеличение мощности пластов сопровождается, как правило, усложнением их строения. Угленосность рассеяна по всему разрезу угленосной формации (рис. 4) с проявлением локальных интервалов залегания сближенных рабочих пластов. Некоторые рабочие пласты выдерживаются, сохраняя присущие им мощность и строение, на значительных площадях, превышающих обычные размеры шахтных полей.

Угли гумусовые, петрографически однородные. Марочный состав углей колеблется в широком диапазоне — от бурых и длиннопламенных в приплатформенных до антрацитов в наиболее опущенных частях прогибов.

Для угленосных формаций, приуроченных к **унаследованным прогибам** на складчатом основании, также характерны непрерывность углеобразования на огромных площадях и высокая выдержанность распространения угольных пластов. Границы распространения угленосных формаций с нескольких, а иногда со всех сторон совпадают с крупными разломами, частично проходят по эрозионному срезу на выходах угленосных отложений под покровные отложения. Соответственно территориям, занимаемым прогибами, площади

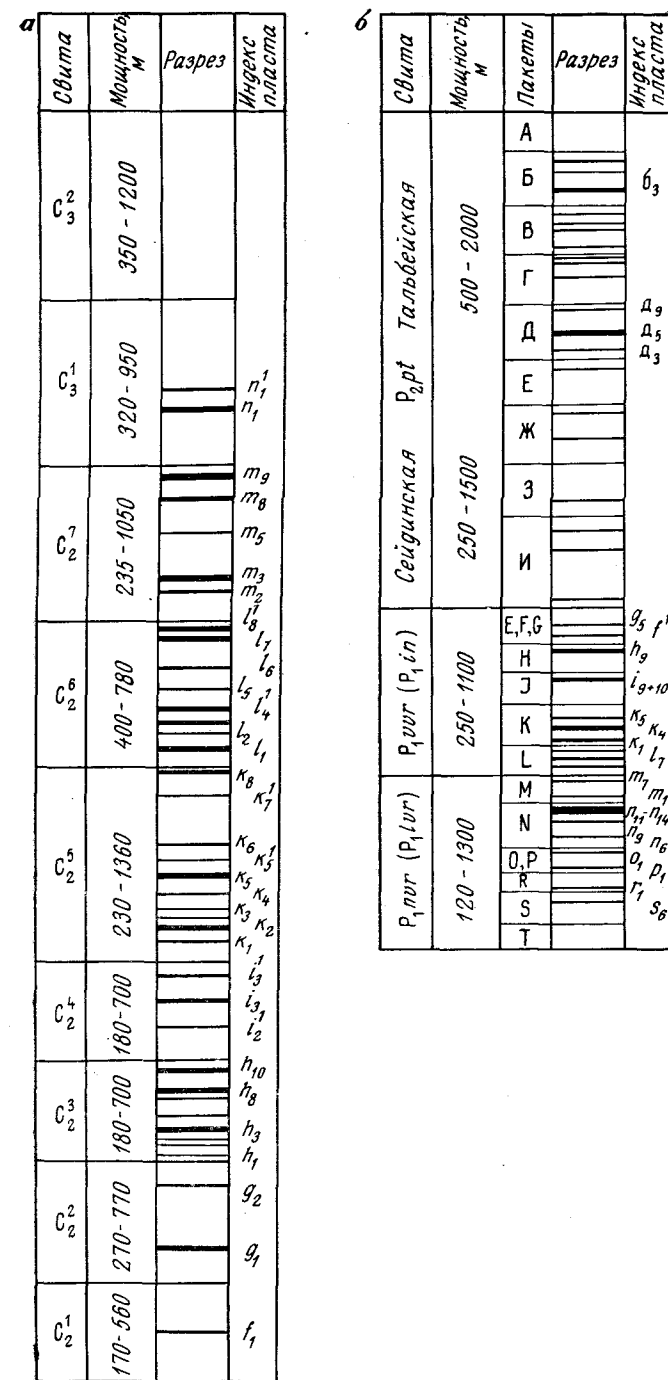


Рис. 4. Угленосность бассейнов:  
а — Донецкого; б — Печорского

распространения угленосных формаций изменяются от единиц до нескольких десятков тысяч квадратных километров.

Существенной характерной чертой унаследованных прогибов на складчатом основании каледонид является полиформационность выполняющих их угленосных отложений. Залегающие с постепенным переходом на морских отложениях мощные (5—9 км) толщи палеозойских угленосных пород отчетливо разделяются перерывом в углеобразовании на два комплекса (рис. 5). В Карагандинском бассейне перерыв в углеобразовании связывается с судетской фазой складчатости, приведшей на границе нижнего и среднего карбона к изменению фациальной обстановки и аридизации климата. В это время происходило накопление практически безугольной надкарагандинской свиты мощностью более 600 м, представленной преимущественно тонкоотмученными отложениями фаций сухих равнин и пестроцветными породами.

В Кузнецком бассейне соответствующий перерыв имел место на границе нижней и верхней перми: образование безугольной кузнецкой свиты мощностью 600—800 м связывается с ингрессией моря на территорию прогиба. В каждом из этапов углеобразования угленосные зоны постепенно расширялись от узких полос прибрежных низменностей в глубь прогиба, захватывая всю его территорию. Существенные отличия в вещественном составе углей и строении пластов, составе и строении угленосных отложений, явившиеся следствием изменений геотектонического режима и палеогеографических условий в различные этапы общего процесса палеозойского углеобразования, позволяют судить о наличии в этих прогибах двух самостоятельных угленосных формаций палеозойского возраста — балахонской и кольчугинской в Кузнецком, ашлярикско-карагандинской и долинско-тентекской в Карагандинском. Суммарные мощности угленосных отложений палеозоя (включая свиты перерыва) достигают 3—8 км, угленосных формаций I и II этапов углеобразования — 1—4 км каждой. Общее число угольных пластов составляет первые сотни, рабочих — десятки.

Для нижних комплексов углесодержащих осадков характерны прибрежно-морские и прибрежно-континентальные фациальные обстановки седиментации. Переход от подстилающих, как правило, морских отложений к угленосным постепенный, терригенные образования в нижних горизонтах включают пласты известняков и мергелей. В прибортовых частях прогибов на локальных площадях наблюдается внедрение в угленосные отложения изверженных пород. Угленосность нарастает снизу вверх, достигая максимального развития в средних частях верхних свит, где залегают наиболее мощные угольные пласты. В числе рабочих преобладают пласты средней мощности (1,5—3,5 м), мощность единичных пластов достигает 10—20 м при хорошей ее выдержанности на больших площадях. Строение пластов, как правило, сложное, преобладают полуматовые литотипы углей. Марочный состав углей изменяется в широком диапазоне — от Д до А.

Формирование верхних продуктивных комплексов палеозоя происходило во внутриконтинентальных фациальных обстановках. Максимальная угленасыщенность (по количеству рабочих пластов угля и их мощности) также приурочена к средним частям разреза угленосной формации. Среди рабочих пластов широко распространены пласты средней мощности; мощные (до 15 м) и сверхмощные пласты распространены на ограниченных площадях. Строение пластов умеренно сложное и простое. Угли представлены преимущественно полублестящими и блестящими разновидностями. Марочный состав углей Д—Ж.

На значительных площадях распространения в Карагандинском и Кузнецком бассейнах верхние палеозойские угленосные формации перекрыты

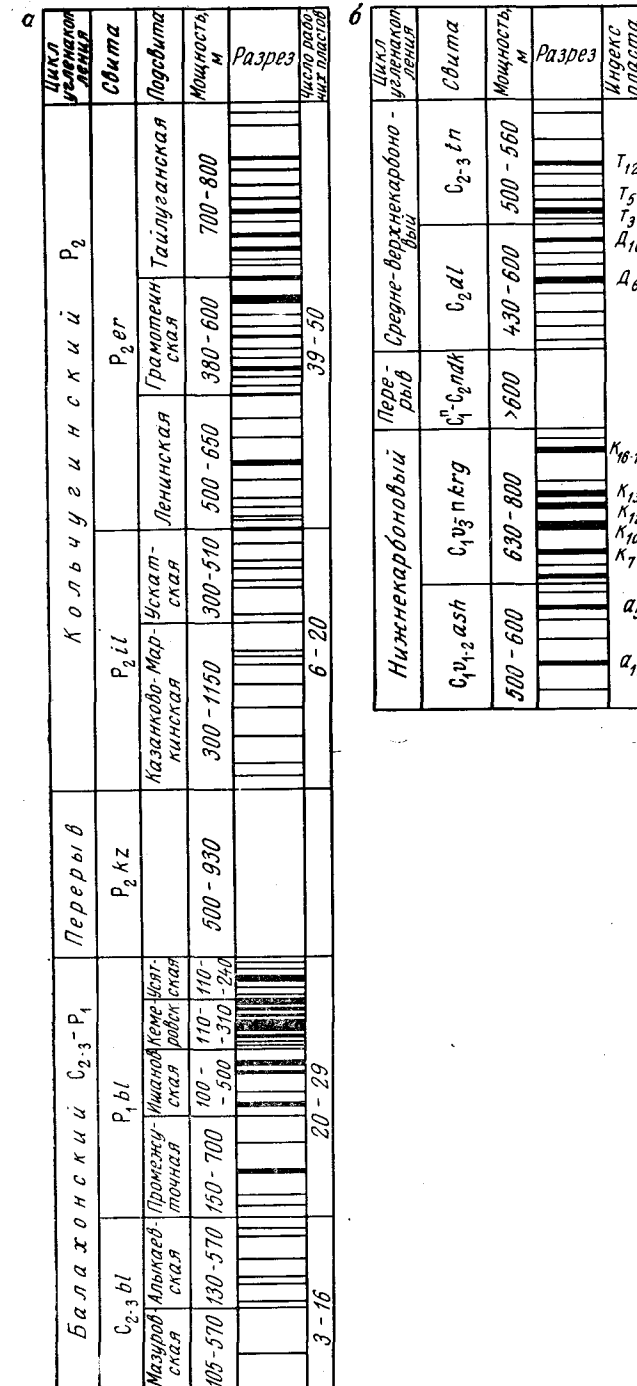


Рис. 5. Угленосность бассейнов:  
а — Кузнецкого; б — Карагандинского



континентальными углесодержащими осадками триаса и юры. Промышленно-угленосными являются юрские отложения. Образование юрских угленосных формаций связано с развитием локальных унаследованных впадин в палеозойском основании. Углеобразование происходило в озерно-болотных, болотных и речных фациальных обстановках с перерывами во времени, обусловившими чередование угленосных и слабо угленосных или безугольных горизонтов, и с пространственным смещением площадей с максимальной угленасыщенностью различного времени. Суммарная мощность мезозойских образований в наиболее погруженных частях впадин достигает нескольких километров, продуктивных горизонтов (свит) — нескольких сотен метров. Фациальный состав угленосных формаций изменчив, угленосность невыдержанная. Пласты угля имеют линзовидную форму, характеризуются сложным строением. Общее число их в различных участках колеблется от единиц до нескольких десятков, рабочего значения достигают единичные пласты, мощность которых в среднем составляет 1—5 м, увеличиваясь на ограниченных площадях до 15—20 м. Угли бурые.

Для угленосных формаций, приуроченных к **наложенным впадинам** на складчатом основании, характерно чередование в разрезе угленосных и безугольных свит, многопластовость (десятки, иногда сотни угольных пластов). Преобладающая мощность рабочих пластов 1—3 м, единичных 10—20 м. Уникальной мощности (90 м) достигает пласт III на Экибастузском месторождении, представленный чередованием угольных, углистых и песчано-глинистых пород с мощностями от нескольких сантиметров до нескольких метров. Мощные пласты, как правило, имеют сложное и очень сложное строение. Площадь распространения угленосных формаций ограничивается размером изолированных впадин (рис. 6) и колеблется в пределах десятка — нескольких сотен квадратных километров, мощность сохранившейся от эрозии угленосной формации — от нескольких десятков метров до 1,5 км. Угли каменные марок Д—Г, реже К.

Угленосные формации, приуроченные к **синеклизам Русской платформы**, характеризуются небольшой мощностью (от десятков до первых сотен метров) и изменчивым фациальным составом. Площади углеобразования разобщены, и контуры месторождений определяются генетическим выклиниванием угольных пластов, примыканием угленосных отложений к положительным формам доугленосного рельефа или послеформационными размывами (рис. 7). Площади отдельных месторождений колеблются от 0,5 до нескольких сотен квадратных километров. Число угольных пластов также подвержено значительным колебаниям (от единиц до нескольких десятков), рабочей мощности достигают единичные пласты. Пласты имеют линзовидную форму, изменчивую мощность и строение как за счет расщепления фациальных переходов углей в углистые породы, так и за счет эпигенетических размывов. Средняя мощность рабочих пластов изменяется в пределах 2—5 м, максимальная (для единичных пластов на ограниченных площадях) достигает 15—20 м. Угли бурые, гумусовые, сапропелевые и гумусово-сапропелевые.

Угленосные формации, приуроченные к **синеклизам Сибирской платформы** (Тунгусской, Вилюйской, Ангарской), изучены слабо. На разведанных месторождениях Тунгусского, Иркутского, западной части Ленского бассейнов мощности формаций изменяются от десятков до нескольких сотен метров, а число угольных пластов — от единиц до нескольких десятков. Строение пластов сложное, невыдержанное, мощности рабочих пластов 1—20 м. Угли гумусовые, в Иркутском бассейне широко развиты сапропелиты. В зависимости от мощностей формаций и глубин их погружения марочный состав углей

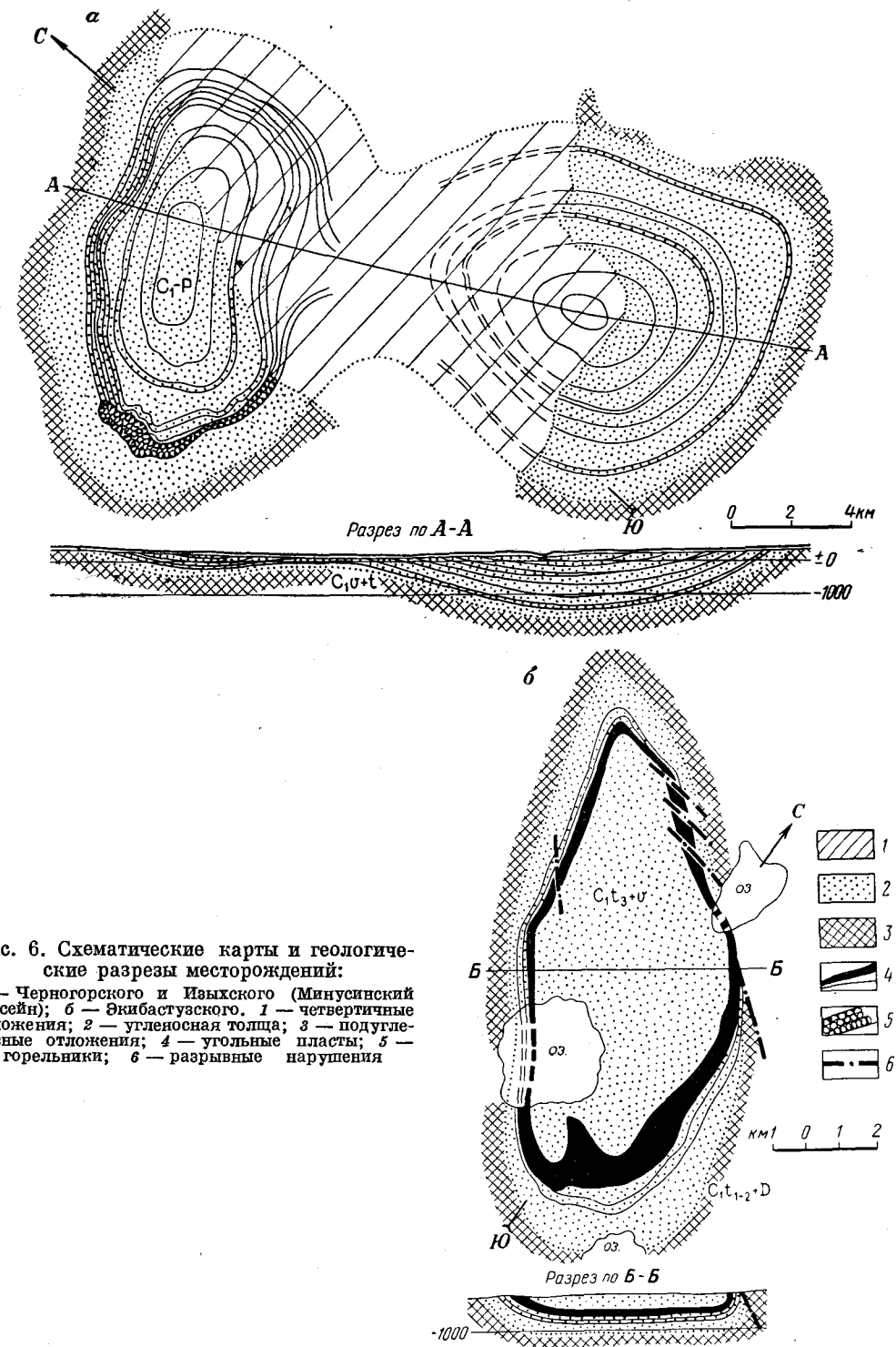


Рис. 6. Схематические карты и геологические разрезы месторождений:

а — Черногорского и Изыского (Минусинский бассейн); б — Экибастузского. 1 — четвертичные отложения; 2 — угленосная толща; 3 — подугленосные отложения; 4 — угольные пласты; 5 — горюльники; 6 — разрывные нарушения

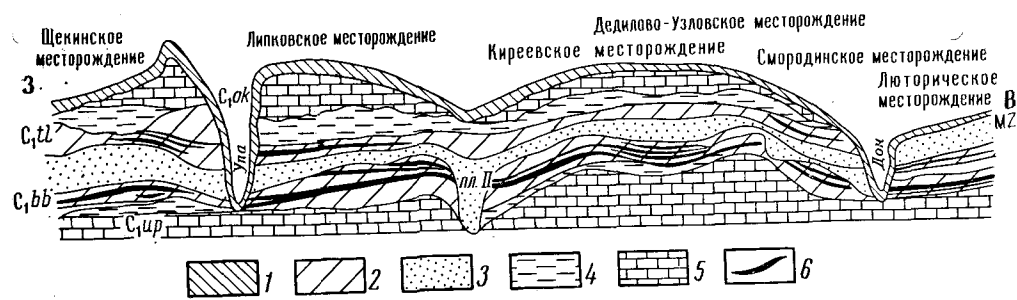


Рис. 7. Схематический геологический разрез угленосной толщи Центрального района Подмосковского бассейна. По Ф. С. Вибикову, Е. А. Изюмовой.  
1 — покровные отложения; 2 — углесодержащие свиты; 3 — промежуточные свиты; 4 — переходные свиты; 5 — известняки; 6 — угольные пласты

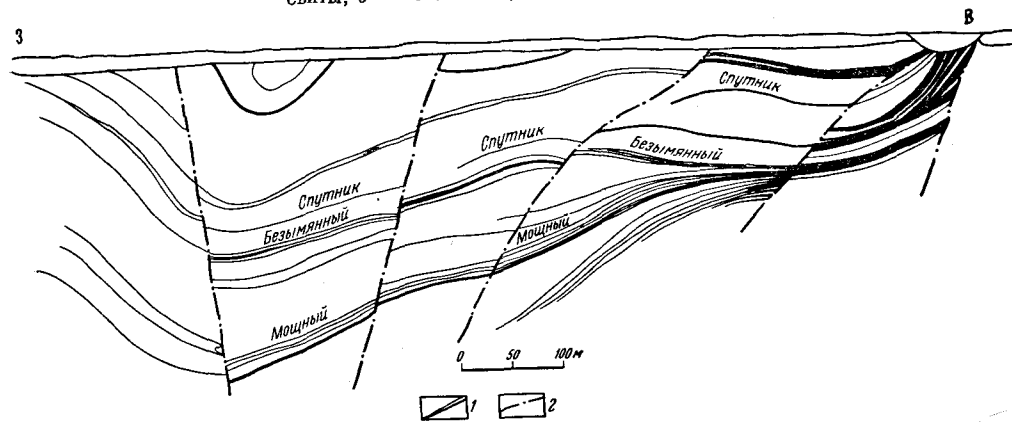


Рис. 8. Геологический разрез Еманжелинского месторождения Челябинского бассейна. По И. Н. Лапину.  
1 — угольные пласты; 2 — разрывные нарушения

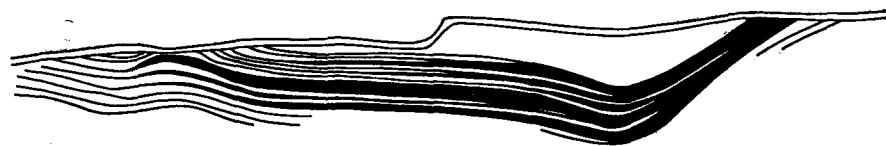


Рис. 9. Геологический разрез Барандатского месторождения (Канско-Ачинский бассейн)

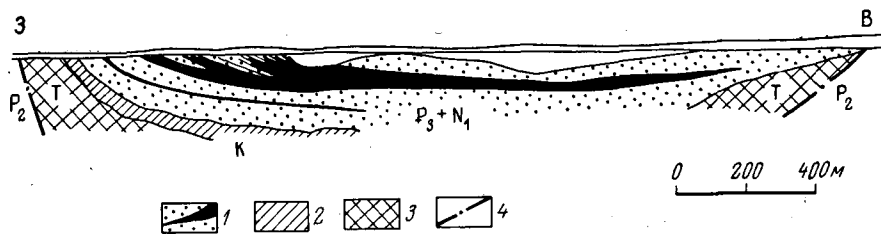


Рис. 10. Геологический разрез Тюльганского месторождения (Южно-Уральский бассейн)

изменяется от бурых до каменных (марки Ж), в Тунгусском бассейне под влиянием теплового воздействия интрузий — до антрацитов.

Для угленосных формаций молодых платформ характерна внутриконтинентальная фациальная обстановка седиментации с разнообразием частных фациальных обстановок — речной, озерной, озерно-болотной, пролювиальных конусов выноса.

Площади распространения угленосных формаций определяются размерами посторогенных, унаследованных, наложенных, неотектонических впадин (от единиц до сотен квадратных километров).

Мощности угленосных формаций колеблются в пределах сотен — нескольких тысяч метров. Углеобразование во многих случаях происходило в несколько этапов, и разрез формаций при этом представлен чередованием угленосных и безугольных свит. Наиболее изменчивым составом и строением толщ и невыдержанным характером угленасыщенности отличаются угленосные формации, связанные с развитием посторогенных впадин. Так, в Челябинском грабене залегающая на мощном (1500—3500 м) комплексе эффузивно-осадочных образований угленосная формация подразделяется на пять свит, нижние части которых не содержат углей, верхние части содержат несколько десятков невыдержанных угольных пластов, а на отдельных площадях наблюдаются мощные (40—200 м) сложнопостроенные залежи, быстро расщепляющиеся по падению и простираю на многочисленные угольные и аргиллитовые пласты и прослой (рис. 8).

Угленосные формации, приуроченные к унаследованным впадинам, характеризуются наличием многочисленных пластов и единичных мощных (в несколько десятков метров) пластообразных залежей, как правило, компактных у одного из бортов впадины и расщепляющихся по падению к осевым частям и особенно на противоположных обычно более нарушенных и крутых бортах (рис. 9). Мощности и строение угольных залежей и пластов выдерживаются по простираю на значительных расстояниях.

Для угленосных формаций, связанных с наложенными, неотектоническими впадинами и синеклизами молодых платформ, характерно наличие линзовидных залежей углей сложного строения, мощность которых в центральных частях соответствующих структур достигает нескольких десятков метров, уменьшаясь до полного выклинивания в периферийных частях (рис. 10). Угли в массе бурые, реже каменные марок Д, Г и Ж.

### § 3. УГОЛЬНЫЕ БАССЕЙНЫ И МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В практике планирования геологоразведочных работ, геолого-промышленной оценки запасов угля, а также развития угледобычи основными геолого-производственными единицами являются угольное месторождение и угольный бассейн.

Значительные по размерам (несколько десятков или сотен тысяч квадратных километров) площади непрерывного или островного распространения одних и тех же угленосных формаций, образование которых происходило в едином отрезке геологического времени, и, как правило, было связано с развитием единой крупной тектонической структуры (краевого прогиба и платформенной синеклизы или их частей, посторогенной или наложенной впадины и т. п.), называются угольными бассейнами. Так, Донецкий бассейн занимает площадь Донецкого поперечного краевого прогиба. Печорский — приполярную часть Предуральяского продольного краевого прогиба, Кузнецкий и Карагандинский —

тектонически ограниченные унаследованные прогибы в областях каледонской складчатости, Подмосковный — западную и южную части Московской синеклизы, Челябинский — крупную посторогенную впадину в палеозойском фундаменте \* и т. д.

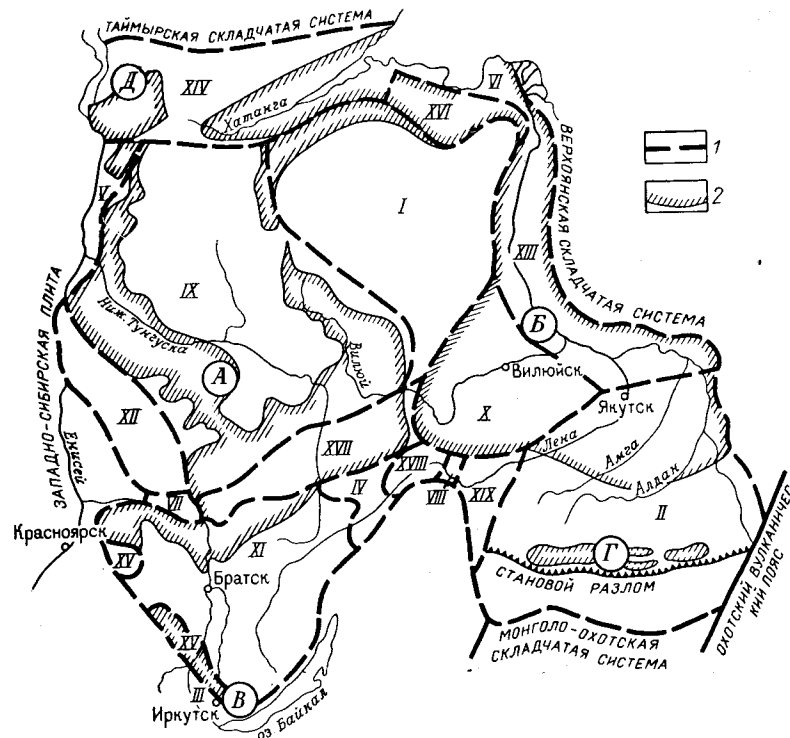


Рис. 11. Угольные бассейны Сибирской платформы.

1 — границы основных структурных элементов Сибирской платформы. По Т. Н. Спизарскому. Структуры I порядка: антэклизы (I — Анабаро-Оленекская, II — Алданская); поднятия (III — Шарышалгайское, IV — Пеледуйское); краевые антиклинории (V — Турухано-Норильский, VI — Анабаро-Оленекский, VII — Нижне-Ангарский, VIII — Уринский); синеклизы (IX — Тунгусская, X — Виллойская, XI — Ангарская); моноклизы (XII — Приенисейская); краевые прогибы (XIII — Приверхоанский); предгорные прогибы (XIV — Притаймырский, XV — Присаянский); внутриплатформенные прогибы (XVI — Лено-Анабарский, XVII — Ангаро-Виллойский); впадины (XVIII — Нюйская, XIX — Березовская). 2 — границы угольных бассейнов: А — Тунгусского, Б — Ленского, В — Иркутского, Г — Южно-Якутского, Д — Усть-Енисейской угольной площади

В некоторых случаях по исторически сложившейся практике в границы бассейнов включены разновозрастные угленосные формации, образование которых было связано с развитием различных крупных структурных элементов. Так, Ленский бассейн (рис. 11) объединяет пять различных структурных эле-

\* Структурное положение ряда угольных бассейнов (Донецкого, Кузнецкого и др.) до настоящего времени является предметом многолетних дискуссий. А. Д. Архангельским, Д. Н. Соболевым Донецкий бассейн отнесен к внутриплатформенным геосинклиналям, В. В. Белоусовым — к парагеосинклиналям, М. В. Муратовым — к части Припятско-Днепровско-Донецкого авлокогена. Кузнецкий бассейн отнесен Г. Ф. Крашенниковым, В. А. Кузнецовым к передовым прогибам, И. И. Молчановым, В. И. Яворским — к межгорным впадинам. Нами в основном использованы представления, изложенные в монографии «Тектоника Евразии» (1966 г.).

ментов: Виллойскую синеклизу, Алданскую синеклизу, Приверхоанский краевой прогиб, Анабаро-Оленекский антиклинорий и восточную часть Притаймырского прогиба; Тунгусский бассейн — Норильскую мульду Турухано-Норильского антиклинория, Тунгусскую синеклизу и западную часть Ангарской синеклизы; Канско-Ачинский бассейн — унаследованные мульды в пределах древней Сибирской и молодой Урало-Сибирской платформ. Поскольку образование и последующие изменения угленосных формаций в основном определялись геотектоническим режимом развития соответствующих участков земной коры, такие бассейны характеризуются четко выраженной полиструктурностью и значительными различиями в строении и составе угленосных формаций, угленосности, качестве угля и условиях залегания отдельных частей, приуроченных к различным крупным структурным элементам.

Полиструктурностью и соответственным разнообразием принципиальных черт геологического строения, угленосности и качества угля характеризуются многие бассейны, границы которых определены развитием единого крупного геотектонического элемента. В бассейнах, приуроченных к краевым прогибам (Донецкий, Печорский, Таймырский, Зырянский, южная часть Ленского), отчетливо проявляется зональность строения, выраженная в уменьшении мощностей угленосной формации, ослаблении диагенеза пород и метаморфизма углей, упрощении тектоники в направлении от геосинклинального борта прогиба к платформенному. Близкие по характеру проявления асимметричность строения и зональность тектоники (в меньшей степени изменение мощностей угленосной формации и метаморфизма углей) свойственны бассейнам, приуроченным к унаследованным прогибам на складчатом основании (Кузнецкий, Карагандинский, Бурейский бассейны) и к внешним (на окраинах) платформенным синеклизам, ограниченными горными сооружениями смежных складчатых областей (Иркутский бассейн, юго-восточная часть Канско-Ачинского бассейна). Бассейны, связанные с наложенными впадинами на складчатом основании (Миусинский, Экибастузский), а также с внутренними синеклизами (Подмосковный, центральная часть Тунгусского) и с унаследованными впадинами платформ (Улукхемский, Майкубенский), характеризуются моноструктурностью и относительно выдержанностью мощностей угленосных формаций и качества углей.

Сложным строением отличаются бассейны, приуроченные к посторогенным впадинам молодых платформ (Челябинский, Тургайский) и платформенные бассейны и месторождения, подвергшиеся воздействию эпиплатформенного орогенеза (Кизеловский, месторождения Средней Азии).

Основные данные о возрасте, мощностях угленосных формаций, угленосности наиболее изученных угольных бассейнов Советского Союза приведены в табл. 1.

Как правило, площади угольных бассейнов подразделяются на геолого-промышленные районы, выделение которых учитывает как географическое их положение или исторически сложившееся экономическое подразделение территории, так и принципиальные особенности геологического строения различных частей бассейна. В качестве примера на рис. 12 и 13 приведены схемы геолого-промышленного районирования соответственно Донецкого и Кузнецкого бассейнов.

В пределах угольных бассейнов и их геолого-промышленных районов с учетом геологических, а в ряде случаев горно-геологических и технико-экономических критериев выделяются обособленные месторождения. При этом учитываются разобщенность площадей с повышенной угленосностью участками со слабой угленасыщенностью или полным фаціальным замещением угленосных

Характеристика основных угольных бассейнов Советского Союза

Бассейн	Геологический возраст	Площадь бассейна, тыс. км <sup>2</sup>	Мощность угленосной формации, м	Число угольных пластов		Мощность угольных пластов, м		Марочный состав углей	Запасы угля	
				общее	рабочих	средняя для рабочих	максимальная		по подсчету 1968 г. (числитель — геологические, знаменатель — отвечающие современным условиям), млрд. т	разведанные на 1/1/1975г., млрд. т
Донецкий	C <sub>1</sub> —C <sub>3</sub>	60 000	2000—18 000	До 310	До 135 (0,45 м); до 70 (0,6 м)	0,7—1,0	1,8—2,5	Б—А	$\frac{128,0}{96,2}$	71,2
Львовско-Волынский	C <sub>1</sub> —C <sub>2</sub>	1000	550—1070	До 50	До 40 (0,5 м); до 6 (0,7 м)	0,7—1,2	До 3	Д—Г	$\frac{1,65}{0,76}$	0,8
Подмосковный	C <sub>1</sub>	120 000*	10—180	До 25	До 5; повсеместно 1	1,4—2,8	5—12	Б1	$\frac{19,9}{10,9}$	5,3
Кизеловский	C <sub>1</sub> <sup>V</sup>	20 000	50—250	До 20	До 5; повсеместно 2	0,6—1,5	До 8	Д—Ж	$\frac{0,85}{0,77}$	0,5
Карагандинский	C <sub>1</sub> <sup>V</sup> —C <sub>3</sub>	3600	3000—4000	До 80	До 65 (>0,6 м) до 30 (>0,7—0,9 м)	1,0—2,5	До 8	Г—ОС	$\frac{49,0}{30,4}$	15,6
	T <sub>3</sub> —J <sub>2</sub>		500—1000	До 30	До 10	2—5	До 28	БЗ	$\frac{2,3}{1,9}$	0,6
Экибастузский	C <sub>1</sub> <sup>V</sup> —C <sub>2</sub>	155	До 1500	До 20	До 6	9—80	До 95	Г—К	$\frac{10,1}{7,4}$	7,2
Минусинский	C <sub>1</sub> —P <sub>1</sub>	8100	500—1800	До 80	До 40	1—3	До 10	Д—Г	$\frac{32,5}{23,3}$	5,4

Продолжение табл. 1

Бассейн	Геологический возраст	Площадь бассейна, тыс. км <sup>2</sup>	Мощность угленосной формации, м	Число угольных пластов		Мощность угольных пластов, м		Марочный состав углей	Запасы угля	
				общее	рабочих	средняя для рабочих	максимальная		по подсчету 1968 г. (числитель — геологические, знаменатель — отвечающие современным условиям), млрд. т	разведанные на 1/1/1975г., млрд. т
Кузнецкий	C <sub>1</sub> <sup>3</sup> —P <sub>2</sub>	26 700	До 7300	До 340	До 130	1—5	До 25	Д—ПА	$\frac{707,0}{632,0}$	108,5
	T <sub>3</sub> —J <sub>3</sub>		800—1800	До 56	До 14	0,8—5,0	До 40	Б—Д	$\frac{18,7}{11,0}$	—
Горловский	C <sub>1</sub> <sup>3</sup> —P <sub>1</sub>	460	600—940	До 35	До 16	0,8—5,0	До 26	А	$\frac{7,15}{6,0}$	0,2
Тунгусский	C <sub>2</sub> —P	1 045 400	300—1800	До 60	До 30	1—5	15—60	Д—А	$\frac{2338,0}{2083,0}$	5,3
Таймырский	P	75 000	До 3800	До 30	До 20	1—3	До 10	Ж—А	$\frac{234,0}{203,0}$	0,2
Печорский	P <sub>1</sub> —P <sub>2</sub>	90 000	700—6000	До 256	До 86 (>0,5 м); до 60 (>0,7—1,0 м)	1—4	До 30	Б—Т	$\frac{214,0}{42,6}$	9,8
Челябинский	T <sub>2</sub> —J <sub>1</sub>	1300	1600—3700	До 75	До 60	2—4	До 200	БЗ	$\frac{1,36}{1,2}$	0,8
Майкобский	T <sub>3</sub> —J <sub>2</sub>	1040	До 1500	До 7	До 5	5—10	До 30	БЗ	$\frac{5,7}{1,8}$	1,8

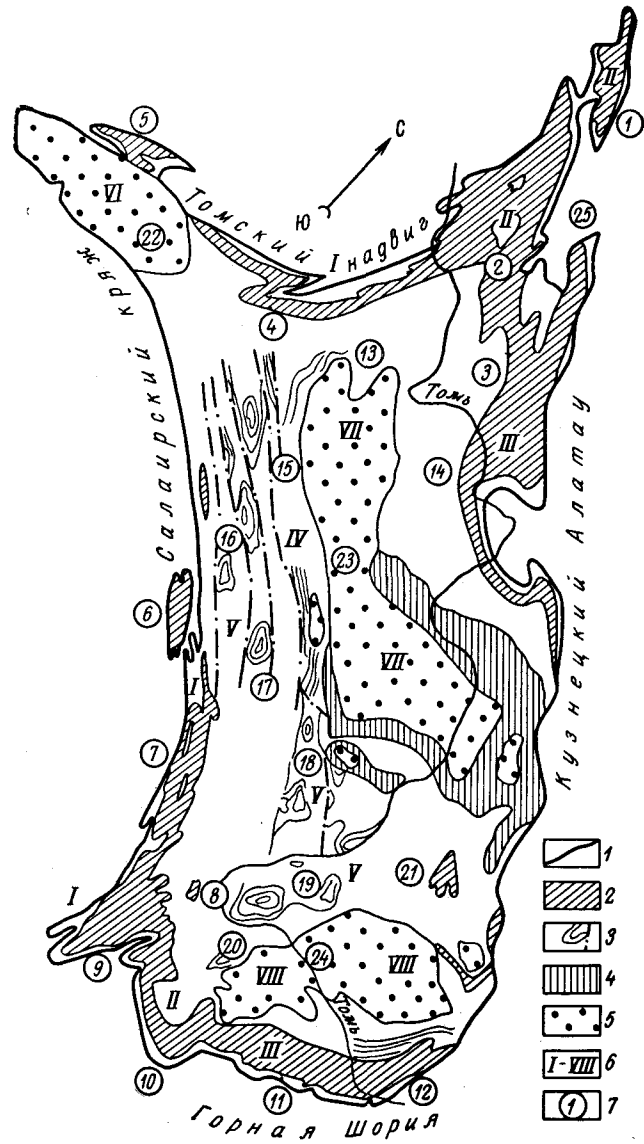


Рис. 13. Геолого-промышленное районирование Кузнецкого бассейна.

1 — контур бассейна; 2 — балахонская серия; 3 — кольчугинская серия; 4 — мальцевская серия; 5 — тарбаганская серия; 6 — основные структурные зоны площадей распространения: балахонской серии (I — линейной складчатости и интенсивной нарушениями, II — сопряжения складчатых (внешних) систем, III — моноклинального залегания); кольчугинской серии (IV — линейно-вытянутой гребневидной складчатости, V — брахискладчатости). Мезозойские наложенные впадины: VI — Доронинская, VII — складчатости, VIII — Подобасско-Тутуясская; 7 — геолого-промышленные районы: 1 — Чусовитино-Бунгараясская, VIII — Подобасско-Тутуясская; 7 — геолого-промышленные районы: 1 — Анжерский, 2 — Кемеровский, 3 — Крапивинский, 4 — Титовский, 5 — Завьяловский, 6 — Бачатский, 7 — Прокопьевско-Киселевский, 8 — Араличевский, 9 — Бунгуро-Чумышский, 10 — Кондомский, 11 — Мрасский, 12 — Томь-Усинский, 13 — Плотниковский, 14 — Салтымаковский, 15 — Ленинский, 16 — Мрасский, 17 — Ускацкий, 18 — Брунаковский, 19 — Байдаевский, 20 — Оспновский, 21 — Терсин-Беловский, 22 — Доронинский, 23 — Центральный, 24 — Тутуяский, 25 — Барзасский

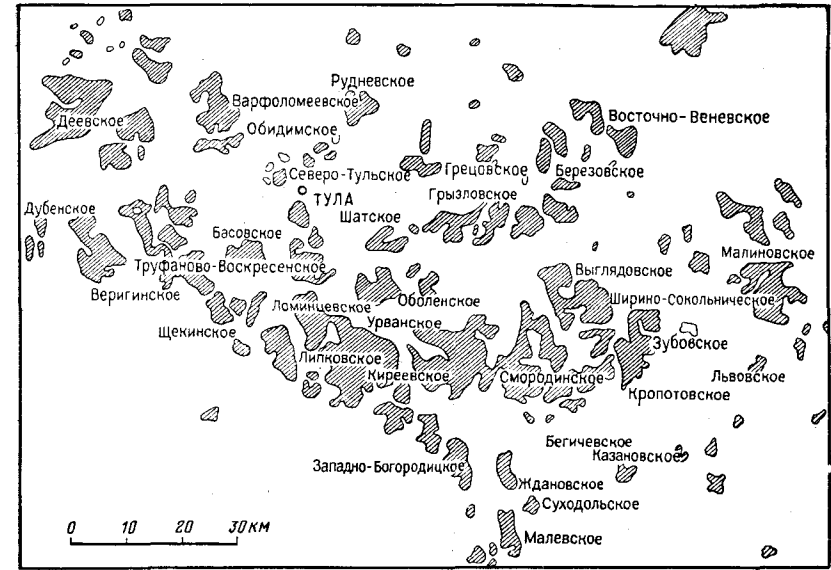


Рис. 14. Схематическая карта центральной части Подмосковного бассейна. Границы месторождений проведены по изолинии мощности основного угольного пласта 0,9 м

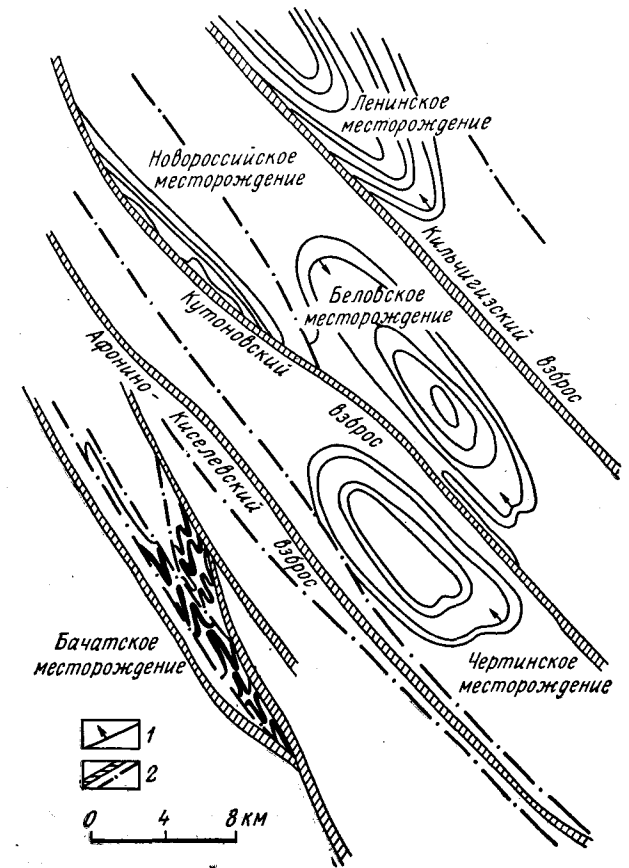


Рис. 15. Схематическая карта Беловского угленосного района Кузнецкого бассейна. 1 — выходы угольных пластов; 2 — разрывные нарушения

горизонтов безугольными породами (рис. 14), структурная обособленность угленосных площадей, возникшая в результате проявления пликативных или дизъюнктивных деформаций (рис. 15). В этих случаях понятие об угольном месторождении тесно увязывается с приуроченностью их к определенным вторичным тектоническим структурам, развитие которых определяло благоприятные палеогеографические условия углеобразования, контролировало размер площадей первичного угленакопления и характер угленосности, а также последующие эпигенетические преобразования углей и угленосной формации в целом, вплоть до частичного в различной степени ее разрушения. При значительных площадях непрерывного распространения угленосных формаций границы угольных месторождений нередко устанавливаются условно, с учетом особенностей гидрографии, рельефа и ситуации поверхности, элементы которых принимаются во внимание при выборе горных отводов угледобывающих предприятий.

Границы обособленных (не входящих в бассейны) месторождений определяются указанными выше геологическими критериями.

#### § 4. МОРФОЛОГИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Подавляющему большинству угольных месторождений свойствен пластовой характер залегания угля между приблизительно параллельными напластованиями пород на обширных пространствах при небольшой по сравнению с площадью распространения мощностью. Это особенно четко выражено в угленосных формациях, связанных с развитием краевых и унаследованных прогибов, где пласты угля как стратиграфически выдержанный элемент разреза угленосных формаций распространены на площадях, измеряемых сотнями квадратных километров, и отличаются более высокой степенью выдержанности по сравнению с вмещающими их породами. Такой характер углеобразования связывается с лагунной (в меньшей степени с дельтовой) фациальной обстановкой седиментации, где оптимально малые углы наклона рельефа обеспечивали большие пробеги береговой линии при трансгрессии и регрессии и значительную ширину площадей активного торфообразования. Режим колебательных движений обусловливал здесь сравнительно выдержанную ритмичность фациального состава угленосных формаций. В подавляющей массе здесь развиты многочисленные тонкие и очень тонкие пласты, более ограниченно — пласты средней мощности, мощность единичных достигает первых десятков метров. Класс мощности пластов сохраняется на огромных площадях (десятки и сотни квадратных километров). Изменчивость общей мощности пластов согласно исследованиям М. М. Риттенберг (1965 г.), В. Н. Волкова (1973), проведенным в Донецком бассейне, имеет волнообразный характер с различной протяженностью мелких, средних и крупных по величине изменений (рис. 16). Как правило, с увеличением мощностей пластов связано усложнение их строения за счет расщепления. Расщепление и последующее слияние проявляется постепенно и мало заметно на значительных расстояниях (рис. 17). Контуры зон слитного (компактного) и расщепленного состояния пластов обычно замкнуты, изометричны или несколько вытянуты, размеры зон изменяются от единиц до нескольких десятков квадратных километров.

Свойственные платформенным структурам внутриконтинентальные (озерная, озерно-болотная, речная) фациальные обстановки осадкоуглеобразования обусловили более ограниченные площади распространения угольных пластов и во многих случаях линзовидную их форму (см. рис. 10).

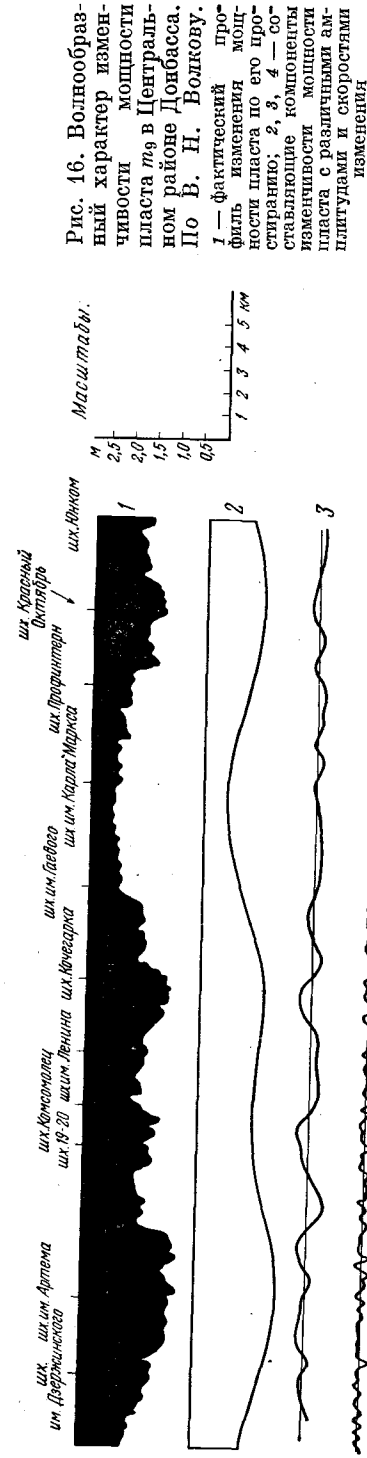


Рис. 16. Волнообразный характер изменчивости мощности пласта  $m_9$  в Центральном районе Донбасса. По В. Н. Волкову. 1 — фактический профиль изменения мощности пласта по его строению; 2, 3, 4 — составляющие компоненты изменчивости мощности пласта с различными амплитудами и скоростями изменения

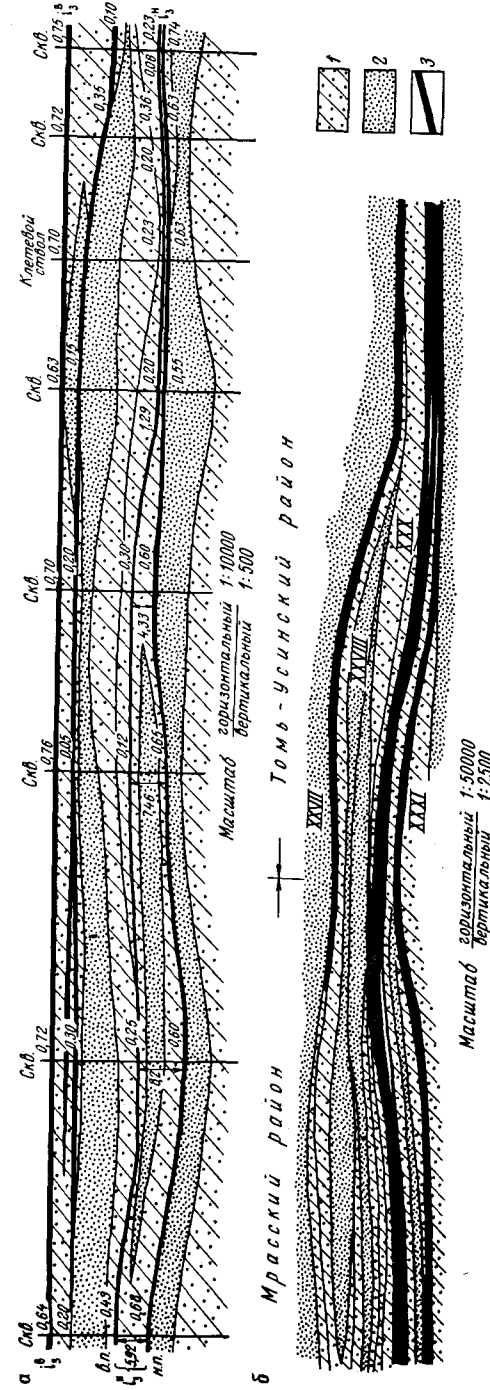


Рис. 17. Расщепление угольных пластов: а — Шахтинский район Донецкого бассейна; б — Томь-Усинский и Мрасский районы Кузнецкого бассейна. 1 — алевролиты; 2 — песчаники; 3 — угольные пласты

Мощности пластов варьируют в широких пределах — от тонких прослоев до мощнейших (десятки иногда первые сотни метров) пластообразных и линзообразных залежей. Общая изменчивость мощностей за счет линзообразной формы залежей и пластов с постепенным генетическим выклиниванием углей к периферийным частям усугубляется широко развитыми процессами расщепления. Наибольшей компактностью и простотой строения на месторождениях, приуроченных к синеклизам, наложенным и неотектоническим впадинам, характеризуются центральные части площадей распространения пластов (залежей); расщепление их происходит обычно в периферических частях. Изменение морфологии пластов (залежей) — появление в периферических частях впадин клиньев пород, расщепляющих уголь — часто является следствием различной скорости отложения обломочного материала, приносимого с бортов. Интенсивное поступление материала, перекрывавшего периферические части образующегося в центральной части впадин торфяника, уменьшало площадь торфообразования, а сокращение его позволяло торфянику распространиться на большую площадь.

На месторождениях, приуроченных к унаследованным впадинам, характерна вытянутость зон более компактного строения пластов (залежей) вдоль одного (более пологого) борта впадины, расщепление направлено по падению к центральным частям и особенно интенсивно проявляется на противоположном борту, а также на крайних флангах по простиранию пластов (см. рис. 9).

Наиболее интенсивное на коротких расстояниях расщепление пластов свойственно месторождениям, приуроченным к постороженным впадинам. Высокая тектоническая активность (блоковые смещения пород фундамента), совмещенная во времени с формированием угленосных отложений, создали условия для широкого развития специфических зон расщепления пластов, получивших название «конский хвост» (рис. 18). Угольные пласты характеризуются сложным изменчивым строением, а мощные угольные залежи представляют собой сложно построенные угольно-аргиллитовые тела невыдержанного строения. Дифференциация блоковых подвижек фундамента в процессе торфообразования обусловила мозаичную структуру расположения в общей полосе распространения продуктивных отложений участков с повышенной и пониженной угленосностью. Узлы угленакопления — участки угольных залежей с более компактным строением — чередуются с участками разубоживания пласта за счет быстрого расщепления с утонением и выклиниванием угольных пропластков. Пространственное размещение узлов угленакопления контролируется приуроченностью к бортам вторичных брахискладок.

Во всех случаях расщепление пластов обуславливает увеличение общей и снижение полезной (по сумме угольных прослоев) мощности пластов. Расщепленные части пластов при значительной мощности породных прослоев часто приобретают самостоятельное промышленное значение.

Месторождения собственно геосинклинальной группы характеризуются невыдержанностью мощностей и строения угольных пластов. На общую генетическую изменчивость этих показателей здесь наложились последующие интенсивные тектонические воздействия, которые выразились в развитии многочисленных пережимов и раздувов угольных пластов, развальцованности углей, засорении угля породами кровли и почвы пластов и, зачастую, в полной утрате промышленной значимости угольных месторождений или отдельных их участков.

Для ведения эксплуатационных работ существенное значение имеет локальная изменчивость мощностей и строения пластов, обусловленная проявлением различных сингенетических и эпигенетических факторов.

Изменение мощности пласта часто связано с неровностями ложа торфяника (рис. 19, а). На возвышенных участках рельефа торф не отлагался до нивелировки площади осадконакопления; при благоприятных условиях продолжавшееся торфообразование обеспечивало достаточное накопление органической массы, и уменьшение мощности пласта фиксируется в отсутствии на локальных участках нижней части пласта. Значение такого процесса для промышленной

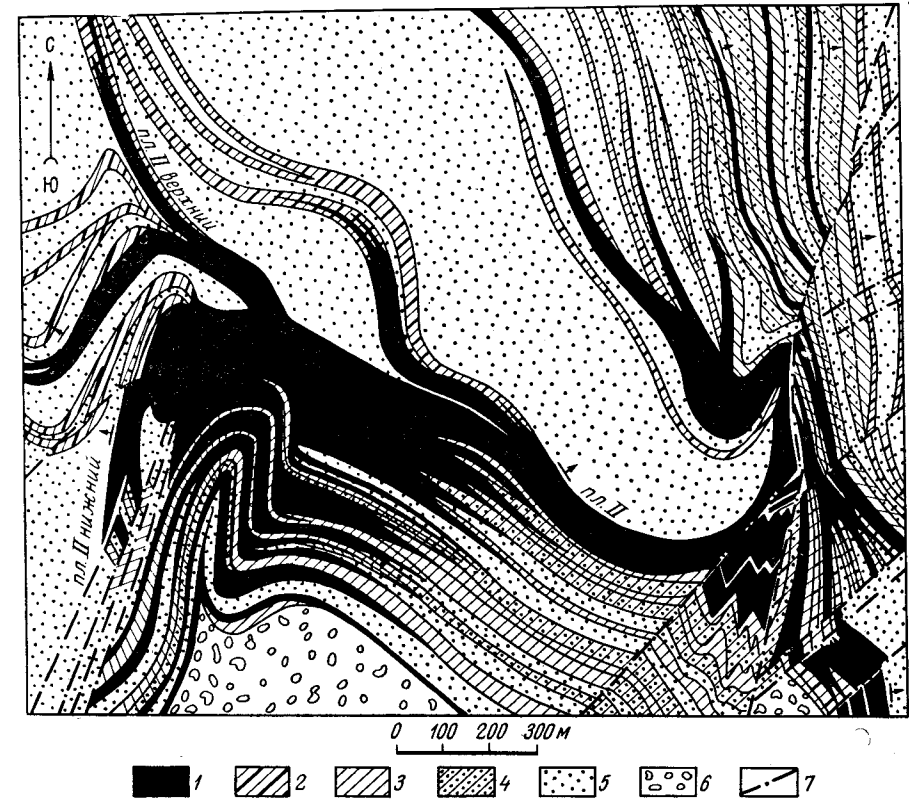


Рис. 18. Схематическая карта выходов пласта Мощного на Коркинском месторождении Челябинского бассейна. По А. Д. Рубану и Н. С. Гольцову.  
1 — уголь; 2 — уголь с прослоями аргиллита и алевролита; 3 — аргиллит; 4 — алевролит; 5 — песчаник; 6 — конгломерат; 7 — разрывные нарушения

оценки пласта естественно зависит от соотношения общей мощности пласта и мощности его на участках утонения. Во многих случаях на площади распространения тонких, а в некоторых случаях и мощных пластов за счет неровностей ложа торфяников оконтуриваются безугольные участки или площади с резкими колебаниями мощностей, что иногда неправильно трактуется как следствие разрывов.

На фоне значительной пространственной выдержанности морфологии угольных пластов или закономерно направленной изменчивости их мощности и строения наблюдаются случаи локального расщепления — результат сезонного изменения климата, прерывистого сноса осадков и неравномерного их уплотнения (рис. 19, б).

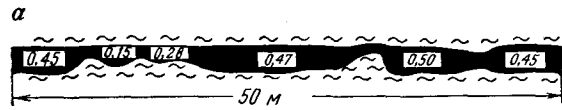
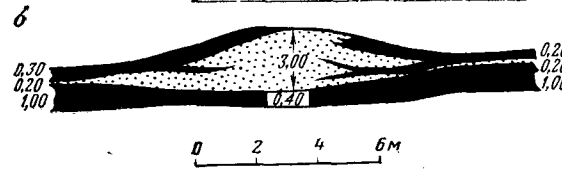


Рис. 19. Изменчивость морфологии угольных пластов, обусловленная воздействием сингенетических факторов:



а — неровностью дна торфяника; б — размывами торфяника водными потоками

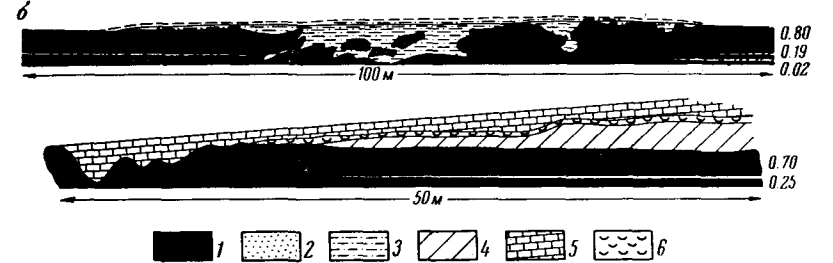
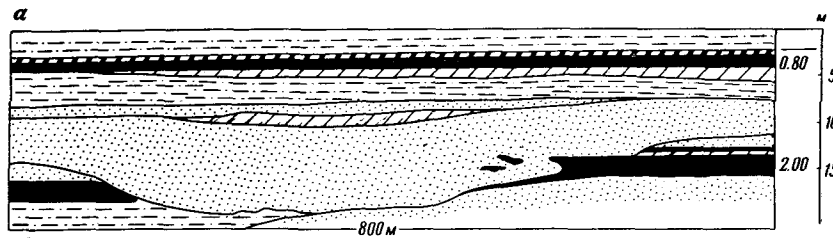


Рис. 20. Размывы угольных пластов: а — Анжерский район (Кузбасс); б — Красноармейский район (Донбасс). 1 — уголь; 2 — песчаник; 3 — алевролит; 4 — аргиллит; 5 — известняк; 6 — ракушечник

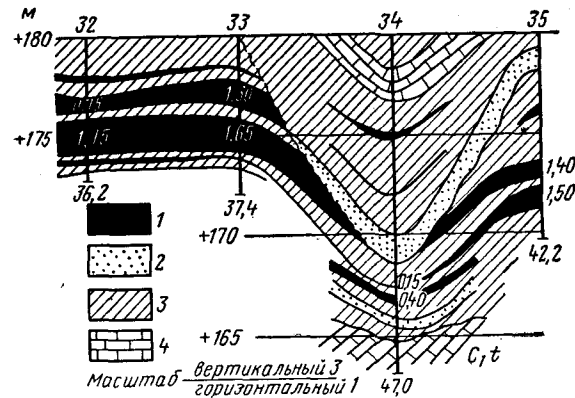


Рис. 21. Карстовое нарушение (Шатское месторождение, Мосбасс). 1 — уголь; 2 — песок; 3 — глина; 4 — известняк

В процессе формирования угольного пласта и после его захоронения он мог подвергаться частичной или полной эрозии (рис. 20). Сингенетичные углеобразованию размывы затрагивают отдельные пласты и проявляются как следы деятельности рек и ручьев, протекавших на площади торфообразования, смыва торфа паводковыми водами. В зонах, примыкающих к площадям размывов, наблюдается повышение зольности угля, изменчивая мощность, явления аллохтонии. Ширина зон размывов колеблется от нескольких единиц до сотен метров, длина достигает нескольких сотен метров и километров. Эпигенетические размывы, являющиеся следствием развития овражно-речной системы в перекрывающих пласты отложениях или морской (бассейновой) трансгрессии, часто захватывают группу пластов. Трансгрессионные размывы проявляются нередко на обширных (более 10 км<sup>2</sup>) площадях с фиксированным стратиграфическим положением поверхностей размыва. Среди морских размывов различают также абразионные и размывы подводными потоками.

На сохранности угольных пластов отражаются карстовые процессы, развивающиеся в подстилающих угленосную толщу отложениях (рис. 21), широко известные в Подмосковном и Иркутском бассейнах.

В Кузнецком, Канско-Ачинском, Минусинском бассейнах, на месторождениях Забайкалья широко распространено выгорание пластов. Глубина выгорания различная в зависимости от геологических, геоморфологических и гидрогеологических условий. На рис. 22 показаны зоны выгорания пластов Мощного, Прокопьевского и Спутника на шахте Тайбинская (Кузбасс), распространившегося на глубину 200 м от дневной поверхности. На контакте с «горельниками» пласт Прокопьевский превращен в естественный кокс, уголь вышележащего пласта Лутугинского отощен. На Барандатском месторождении Канско-Ачинского бассейна пласт Мощный выгорел на протяжении 20 км по простиранию на глубину 20—30 м, ширина зоны выгорания 1,5—2 км. Аналогичные масштабы развития «горельников» свойственны и другим месторождениям этого бассейна. Наличие «горельников» на выходах пластов существенно осложняет разработку их открытым способом; при подземной разработке следует учитывать, что «горельники» нередко являются источником прорывов в нижележащие горные выработки значительных масс содержащихся в них вод.

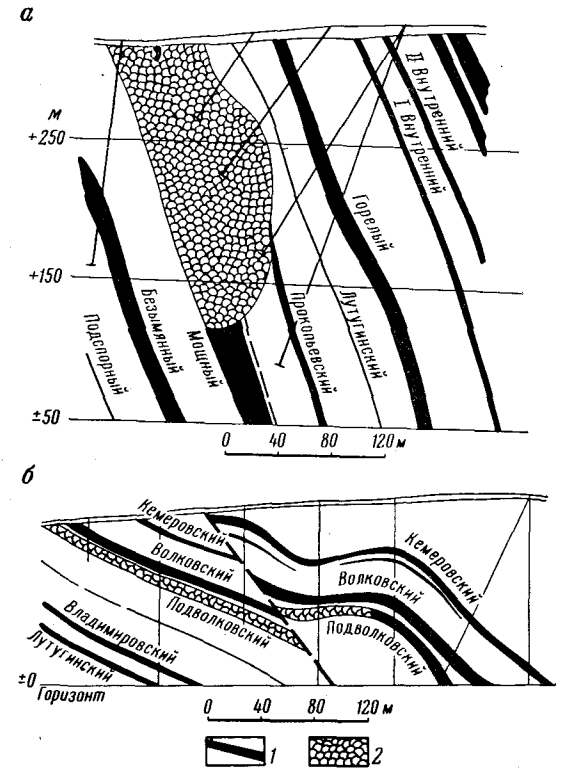


Рис. 22. Выгорания угольных пластов в Кузнецком бассейне. По Э. М. Паху, Э. М. Сендерзону:

а — Мощного и Прокопьевского (Киселевский район), б — Подволковского (Кемеровский район). 1 — уголь; 2 — обожженные породы (горельники)



Широко распространенными, хотя и малозаметными являются послойные смещения и мелкоамплитудные тангенциальные подвижки, неизбежно возникающие при всякой складчатой дислокации. Случаи нарушения мощности угольных пластов растяжением и сжатием под воздействием процессов складчатости фиксируются на планах горных работ многих шахт почти во всех бассейнах Советского Союза, на наличие их указывают резкие колебания мощностей выдержанных пластов в смежных разведочных выработках, проходимых на участках со сложной тектоникой. С тектоническими воздействиями связывается резкое увеличение мощностей угольных пластов в замках остроугольных линейных антиклиналей, например на месторождениях Горловского бассейна, Присалаирской зоны в Кузбассе, интенсивное развитие раздувов и пережимов пластов на месторождениях геосинклинальной группы. В некоторых бассейнах, например в Тунгусском, Партизанском, на месторождениях о. Сахалина, на некоторых участках Пригорношорской зоны Кузнецкого бассейна, по тектоническим разломам в угленосную толщу внедрились магматические породы, ассимилировавшие на различных по размерам площадях угольные пласты.

### § 5. ТЕКТОНИКА УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Структурные формы залегания угленосных отложений характеризуются большим разнообразием. Лишь на немногих месторождениях первичные формы залегания углесодержащих толщ в последующем были изменены незначительно, в большинстве случаев влияние унаследованных и наложенных на угленосные формации тектонических процессов отразилось в проявлении разнообразных форм пликативных и дизъюнктивных дислокаций.

Характер и интенсивность проявления нарушенности залегания угленосных формаций тесно связаны с историей развития тех областей земной коры, в которых происходило углеобразование. Эпигенетические воздействия на угленосную формацию (тектоника, магматизм, разрушение) рассматриваются прежде всего как естественное развитие того геотектонического режима, при котором она образовывалась. Но во многих случаях усложнение тектоники угольных месторождений является следствием наложения и новых качественно отличных геотектонических процессов более позднего времени.

Очень сложной тектоникой характеризуются месторождения геосинклинальной группы. Угленосные отложения, сохранившиеся от денудации в крупных и мелких грабенах, слагают одиночные или сопряженные крутые линейные синклинальные и антиклинальные складки. Нередко крылья складок срезаны и залегание угленосных толщ приобретает чешуйчатый характер. Многочисленные надвиги и взбросы с простиранием, согласным направлению основной складчатости геосинклинальной области, и наложенные на них системы сбросов создают мелкоблочную структуру. Широко развиты послойные смещения пород, сопровождаемые раздробленностью и развальцованностью материала.

Тектоника угольных бассейнов, приуроченных к красным прогибам, тесно связана с послеинверсионным развитием геосинклиналей, на периферии которых они образовывались. Эти бассейны представляют собой крупные асимметричные синклинали с линейной зональностью строения. Региональное простирание различных тектонических зон в общем параллельно простиранию складчатых систем прилегающих частей геосинклинальной области, а расположение складок — изолиниям мощностей, выполняющих прогиб отложений.

Пригеосинклинальные части краевых прогибов характеризуются развитием линейных складок, интенсивно нарушенных многочисленными взбросами

и надвигами. В направлении к платформе зона линейной складчатости постепенно сменяется зоной развития промежуточной (по В. В. Белоусову) складчатости — гребневидной с резко выраженными сжатыми антиклиналями и широкими плоскими синклиналями (рис. 23) или коробчатой с широкими плосковерхими антиклиналями и узкими (но иногда и широкими плоскодонными) синклиналями с крутыми крыльями. В плане синклинальные и антиклинальные структуры вследствие ундуляции их шарниров обычно имеют брахискладчатый характер. Крылья основных структур часто осложнены дополнительной складчатостью и разрывными нарушениями. Наиболее распространенными формами дизъюнктивов на крыльях складок являются взбросы и надвиги, чаще всего согласные по падению сместителя с элементами залегания нарушенных структур и более или менее параллельные их простиранию, иногда с веерообразным расхождением сместителей. Однако в силу анизотропности среды и различий в характере тектонических движений во многих случаях получают развитие другие формы взбросов и надвигов (несогласные, обратные, поперечные и т. п.), а также комбинации их со сдвигами. Для зон интенсивной складчатости характерно пологое падение сместителей надвигов, в зонах ослабленной складчатости надвиги (взбросы) более круты с выполаживанием на глубину (в области повышенной пластичности пород). Особо сложным строением характеризуются районы замыкания крупных мегасинклиналей (Кальмиус-Торецкой и Бахмутской в Донецком бассейне, Коротайхинском в Печорском), где многочисленные разрывные нарушения создают чешуйчатую структуру залегания угленосных отложений.

В районах ундуляции шарниров складок, замковых частях брахиантиклиналей и куполовидных поднятий широко развиты сбросы и сдвиги, которые в подавляющем большинстве случаев секут складки под прямым углом или в диагональном направлении к их простиранию.

Амплитуды разрывных нарушений в своем максимальном развитии колеблются в широких пределах от нескольких сотен метров для разломов, приводящих в контакт различные значительно удаленные стратиграфические интервалы угленосных формаций, до первых десятков метров в разрывах, поражающих отдельные горизонты угленосной толщи и группы сближенных пластов. В некоторых случаях перемещение по сместителю разрывного нарушения не сопровождается заметными деформациями пород в крыльях дизъюнктива. Но для большей части разрывов характерно наличие зон дробления пород или групп

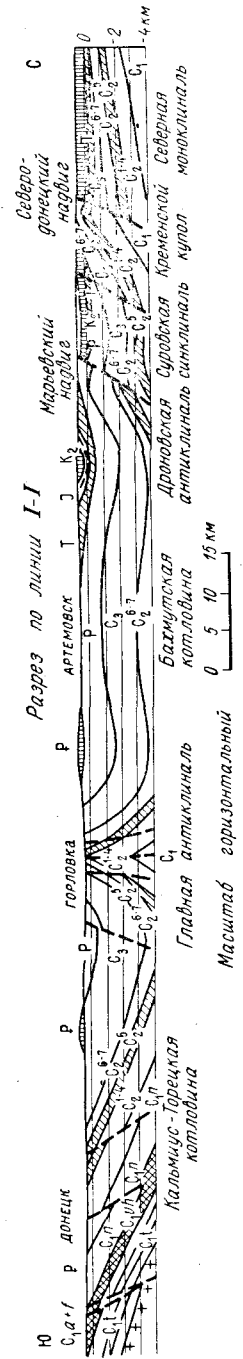


Рис. 23. Схематический геологический разрез через Донецкий бассейн. По В. С. Полову. (Положение разреза см. на рис. 12)

дизъюнктивов чешуйчатой или веерообразной структуры. Ширина таких зон колеблется в пределах от единиц до нескольких десятков метров.

Поскольку наибольший масштаб углеобразования и повышенная угленосность разреза свойственны переходной зоне краевых прогибов, описанные особенности ее тектоники являются наиболее характерными для основных разведываемых и осваиваемых месторождений этого типа.

В приплатформенной части краевых прогибов находится зона пологого моноклинального залегания угленосных отложений, осложненного в различной степени сбросами. Сбросы развиваются как следствие глыбовых подвижек в близко находящемся кристаллическом фундаменте и в некоторых случаях (например, в районах Западного Донбасса) обуславливают сложную блоковую структуру залегания угленосных отложений.

Тектоника крупных бассейнов, приуроченных к унаследованным прогибам на складчатом основании, характеризуется более сложным характером зональности. Выполняющие эти прогибы разновозрастные угленосные формации характеризуются отличным характером и степенью сложности условий залегания. Для отложений нижнего структурного этажа, сложенного балахонской серией в Кузнецком и ашлярикско-карагандинским комплексом пород в Карагандинском бассейнах, размещение тектонических зон контролируется положением их относительно бортов прогибов и характером сопряжения угленосных пород с обрамляющими прогибы системами каледонской складчатости (см. рис. 13). В наиболее погруженных прибортовых частях прогибов, примыкающих к крупным надвигам более древних пород на угленосные (Присалаирская и Притомская зоны в Кузнецком, Прижалаирская в Карагандинском бассейне), развиты узкие полосы линейных складок; многочисленные взбросы создают здесь чешуйчатые структуры (рис. 24, а, б).

В зонах сопряжения различно ориентированных обрамляющих Кузнецкий бассейн складчатых систем развиты сложнопостроенные мегасинклинали — Анжерская, Кемеровская, Кондомская, осложненные брахискладчатостью и многочисленными разрывными нарушениями. Сложным строением отличаются зоны сопряжения Жалаирского надвига с Тентекским и Майкудукским разломами в Карагандинском бассейне.

На противоположных полого прогнувшихся бортах синклипорий нижние угленосные формации залегают моноклинально (рис. 24, в) с пологим падением к центральным частям прогибов, при этом залегание пород нарушено многочисленными разрывами взбросового и сбросового характера.

Отложения верхнего продуктивного палеозойского комплекса (кольчугинского в Кузбассе, долинско-тентекского в Карагандинском бассейне) слагают сглаженные формы унаследованного по отношению к нижнему структурному этажу характера — линейно вытянутые широкие плоские синклинали и брахисинклинали (рис. 25, а), разобщенные узкими гребневидными антиклиналями. По осевым частям антиклиналей обычно развиты мощные зоны дробления по крупным разломам, ветви которых захватывают и крылья синклиналиных структур. В некоторых районах развита мелкая брахискладчатость (рис. 25, б).

Юрские угленосные формации, развитые в этих бассейнах в унаследованных от палеозойских структур впадинах, имеют пологоволнистое, близкое к горизонтальному залегание.

Тектоника бассейнов и месторождений, приуроченных к наложенным впадинам на складчатом основании, относительно проста. Это — единые или разобщенные изометричные или несколько вытянутые крупные пологие брахисинклинали (см. рис. 6), слабо пораженные разрывными нарушениями. Как

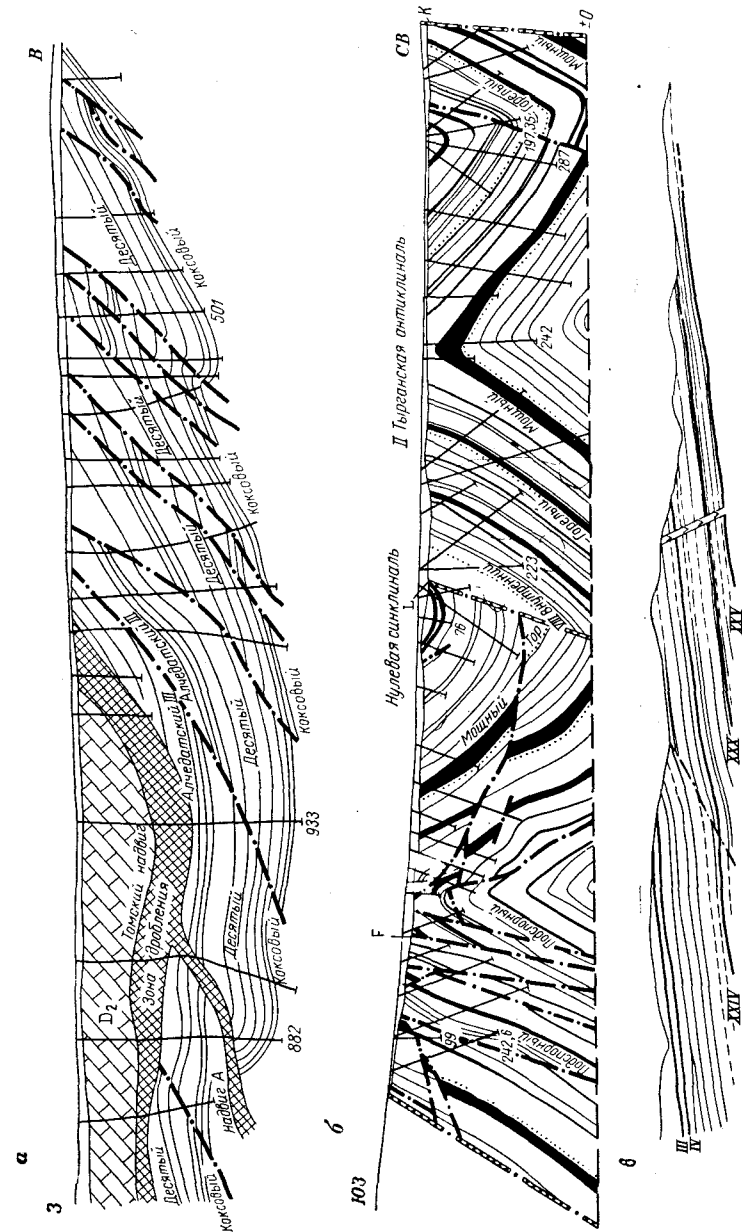


Рис. 24. Геологические разрезы месторождений Кузнецкого бассейна. Районы развития балахонской серии отложений: а — Анжерский; б — Прокопьевско-Киселевский; в — Томь-Усинский

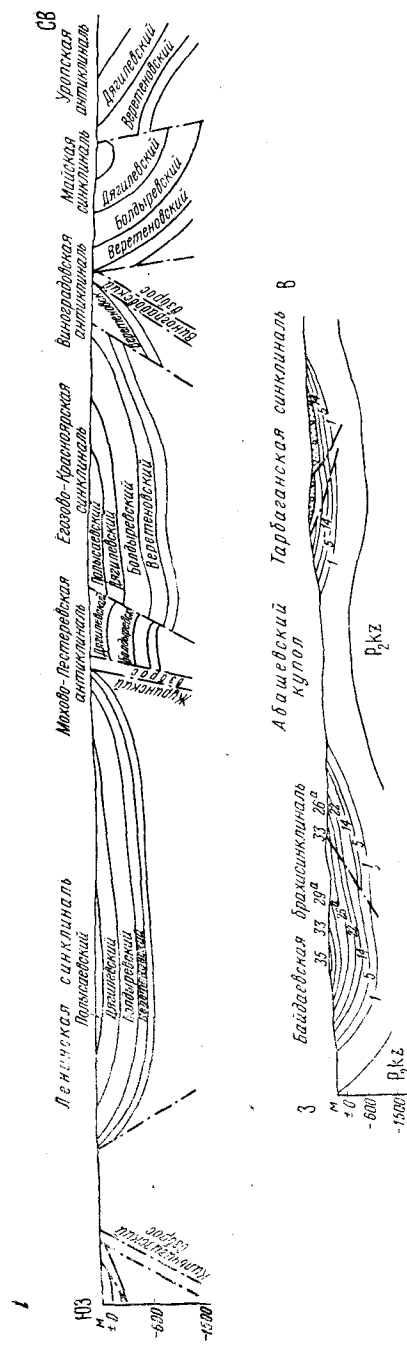


Рис. 25. Геологические разрезы месторождений Кузнецкого бассейна. Районы развития кольчугинской серии отложений: а — Ленинский; б — Байлаевский

исключение, на крыльях некоторых складок (Экибастузской, Ургальской в Буреинском бассейне), осложненных крупными разломами, залегание пород становится крутым (до опрокинутого).

Структурные формы залегания платформенных угленосных формаций отличаются большим разнообразием. Наряду с месторождениями, где угленосные отложения не нарушены и залегают практически горизонтально или со слабым наклоном, известны месторождения с пологим, пологоволнистым и в различной степени складчатым залеганием угольных пластов и вмещающих их пород, осложненном разнообразными по типам, амплитудам и протяженности дизъюнктивами унаследованного и наложенного характера.

Возрастание интервала времени между окончанием геосинклинального этапа развития и формированием угленосных частей разреза осадочного чехла платформ отражалось в снижении длительности и интенсивности унаследованных дислокаций.

Наиболее сложной тектоникой характеризуются месторождения, приуроченные к постороженным впадинам молодых платформ (см. рис. 8). Процессы осадконакопления и углеобразования сопровождалась интенсивными и неравномерными подвижками отдельных блоков опускающегося ложа впадин и развитием конседиментационных форм складчатости и разрывов. Наложённые на сформировавшуюся угленосную формацию напряжения последующих фаз тектогенеза отразились в создании дополнительных складчатых форм и систем разрывных нарушений. Многочисленные разрывы различного возраста, направления и характера создают местами сложную мелкоблочную структуру залегания угленосных толщ.

По мере отдаления времени углеобразования от формирования фундамента платформ и накопления мощных подстилающих угленосные формации осадочных толщ контрастность колебательных движений значительно снижается.

Ведущей структурной формой многочисленных платформенных угольных

бассейнов и месторождений, связанных с унаследованными и предгорными впадинами, являются крупные пологие, изометричные или несколько вытянутые брахисинклинали. В поперечном разрезе эти брахи-синклинали обычно асимметричны (см. рис. 9), более крутые крылья часто осложнены серией крупных разрывных нарушений. На пологопадающих крыльях и в центральных частях впадин разрывные нарушения сравнительно редки; при наличии их структура месторождений имеет крупноблочный характер с выдержанностью элементов залегания пород внутри отдельных блоков.

Наиболее простой тектоникой характеризуются месторождения, приуроченные к платформенным синеклизам. Залегание угленосных отложений здесь почти горизонтальное со слабой волнистостью, осложненное при наличии в подстилающих отложениях карбонатных пород процессами карстообразования. Исключением является Тунгусский бассейн, площадь которого объединяет различные структурные формы (синеклизы, валы, поднятия, прогибы). В главной структурной единице бассейна — Тунгусской синеклизе развиты пологие складки и валы разорванные многочисленными сбросами; с последними связано внедрение магм. В южной части бассейна, в северо-западной части Тасеевской синеклизы, разведано Кокуйское месторождение, являющееся примером предгорного прогиба окраин синеклиз (рис. 26).

Пологоволнистое, близкое к горизонтальному залегание свойственно также месторождениям, связанным с наложенными впадинами, развившимися на участках герцинских краевых прогибов, где в разрезе палеозойского осадочного комплекса развиты мощные соленосные толщ (например,

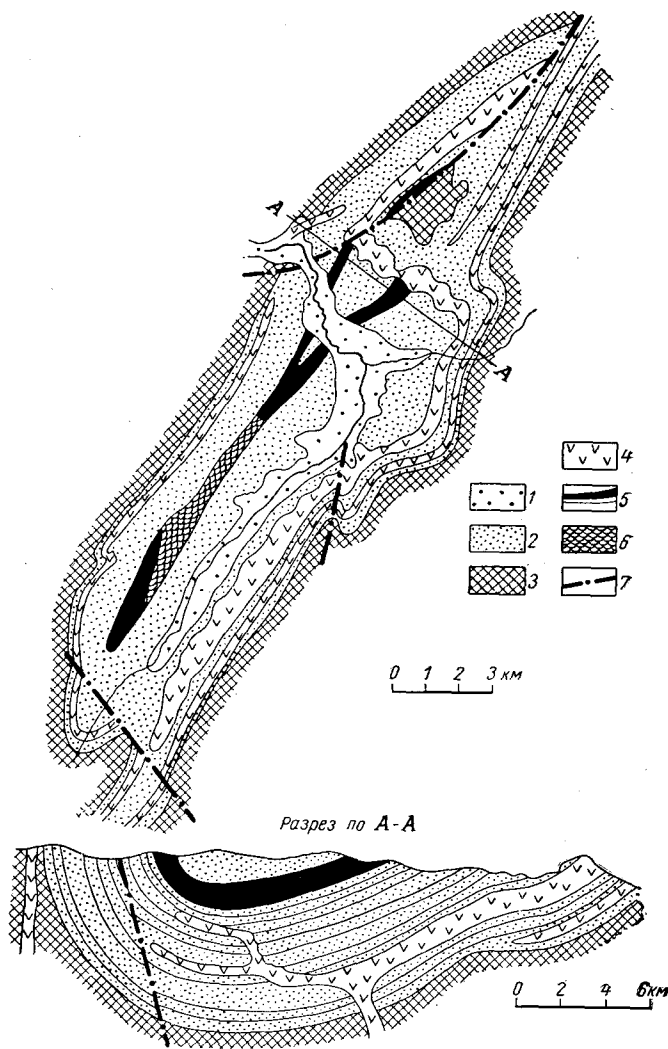


Рис. 26. Схематическая карта и разрез угленосных отложений Кокуйского месторождения. 1 — аллювиальные отложения; 2 — угленосная толща (С<sub>2</sub>—Р<sub>1</sub>); 3 — кембрийские отложения; 4 — трапзы; 5 — пласты угля; 6 — «горельники»; 7 — разрывные нарушения

палеоген-неогеновые месторождения Южноуральского бассейна северо-западные окраины Донбасса), эрозивно-тектоническими впадинами на щитах древних платформ (Днепровский бассейн), неотектоническими впадинами (Хабаровское, Бикинское и др.). В результате неравномерного проседания отдельных участков таких впадин местами образовывались отрицательные и положительные брахиформы с углами падения угленосных пород на крыльях до 20° и быстрым выполаживанием по падению (рис. 27 а). Границы впадин обычно тектонические (по крупным разломам).

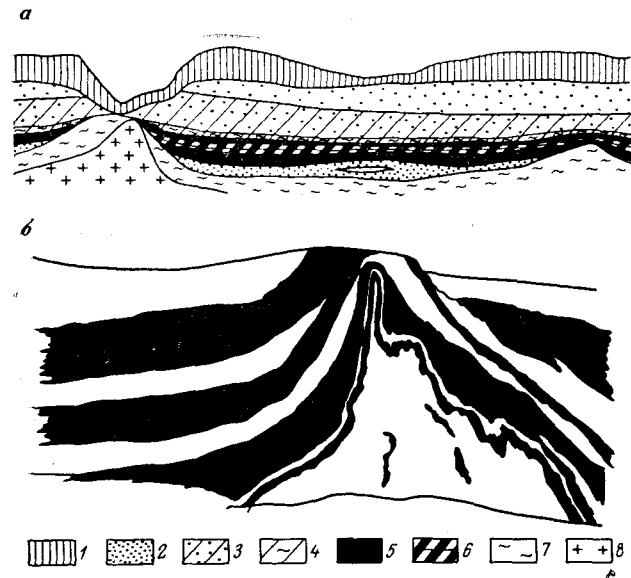


Рис. 27. Александровское месторождение (Днепровский бассейн):

а — схематический геологический разрез западной части месторождения: 1 — суглинки, 2 — песок, 3 — песок глинистый, 4 — вторичные каолины, 5 — уголь, 6 — глины углистые, 7 — первичные каолины, 8 — граниты; б — зарисовка диапировой складки в Байдаковском разрезе (по А. Ф. Кабакову)

Нарушение залегания угленосных толщ в ряде случаев связано с атектоническими (гравитационного характера) процессами. В районах, где угленосные отложения подстилаются карбонатными породами (Подмосковный, Иркутский бассейны), широко развиты карстовые просадки (см. рис. 21). Возобновление горообразовательных процессов в предгорных областях углеобразования с подъемом на склоны горных сооружений сформировавшихся угленосных толщ сопровождалось изменением в последних углов падения пород и развитием оползневых разрывных нарушений\*.

Особенности тектоники месторождений наряду с морфологией пластов и качеством угля являются важнейшими факторами промышленного освоения

\* Этот тип нарушений на месторождениях, находящихся в предгорных областях, по-видимому, имеет довольно широкое распространение. В частности, не исключена возможность значительного влияния оползневых процессов на тектонику месторождений Пригорношорской зоны Кузнецкого бассейна.

Но в породах угленосной толщи развиты лишь мелкие (с амплитудой 3—5 м) разрывные нарушения, местами проявляется диапировая складчатость причудливой формы (рис. 27, б).

На структурном облике и особенностях тектоники некоторых платформенных месторождений (Кизеловский бассейн, значительная часть месторождений Средней Азии) отразилось влияние процессов эпи платформенного орогенеза, в результате которых залегание угленосных формаций было осложнено складчатостью и разрывными нарушениями. Простираение осей складок и региональных разрывов, как правило, контролируется здесь расположением основных горных систем, в пределах которых известны угольные месторождения и угленосные площади сохранились от денудации.

угольных месторождений. Для нормального осуществления горноэксплуатационных работ особое значение в условиях современной технологии добычи угля имеет малоамплитудная нарушенность угольных пластов.

Малоамплитудная нарушенность на слабо нарушенных месторождениях нередко является следствием процессов карстообразования, оползней, обрушений, дифференцированной просадки отдельных участков угольных пластов в результате различной степени усадки при диагенезе подстилающих эти пласты песчаных и глинистых разностей пород. На месторождениях, подвергшихся

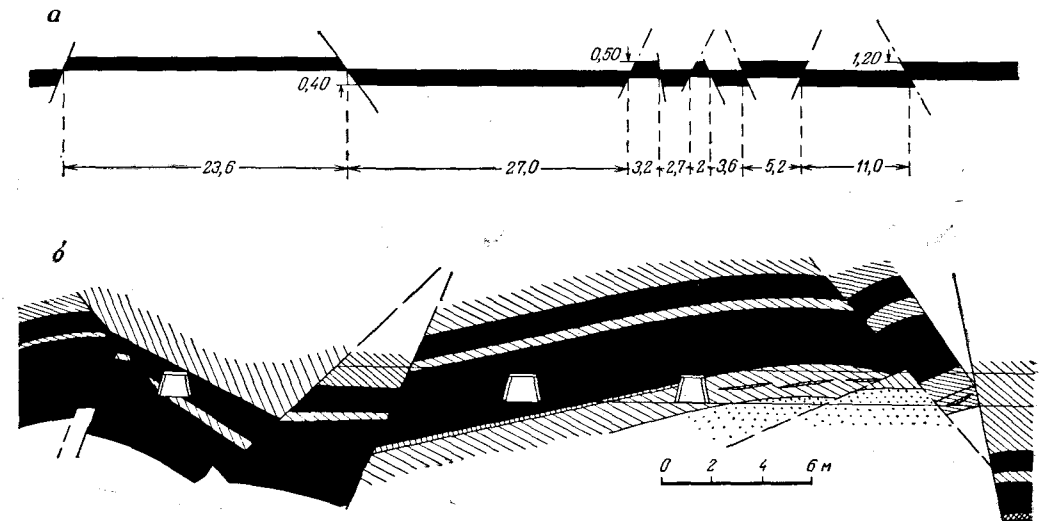


Рис. 28. Мелкоамплитудная нарушенность угольных пластов (по зарисовкам в горных выработках). Бассейны: а — Донецкий; б — Угловской

складчатости, она распространена почти повсеместно с различной интенсивностью проявления.

Нарушения пликативного характера выражены в дополнительных мелких складках, флексурах, гофрировке. Послойные перемещения по внутрипластовым трещинам сопровождаются местными раздувами и пережимами угольных пластов без разрыва сплошности последних. Разрывные нарушения с амплитудами от долей до нескольких метров распространены как одиночно, так и с образованием групп и систем взаимных мелкоблоковых подвижек угольного пласта (рис. 28) в зонах воздействия растягивающих и сжимающих усилий на толщу с различной компетентностью слоев. Развитие систем мелкоамплитудной нарушенности на крыльях складок, направленных нормально к падению пород, в ряде случаев, по-видимому, является следствием сжимающих усилий, в результате которых вместо крупного перемещения пород в вертикальном направлении могут иметь место сравнительно мелкие перемещения, имеющие ступенчатый характер.

Установлено, что подчиненность ориентировки, морфологии и размещения малоамплитудных нарушений более крупным разрывам ограничивается относительно небольшими зонами, прилегающими к сместителям этих разрывов.

Как правило, степень площадной пораженности мелкоамплитудными разрывами и характер смещений различны для смежных пластов на одной и той

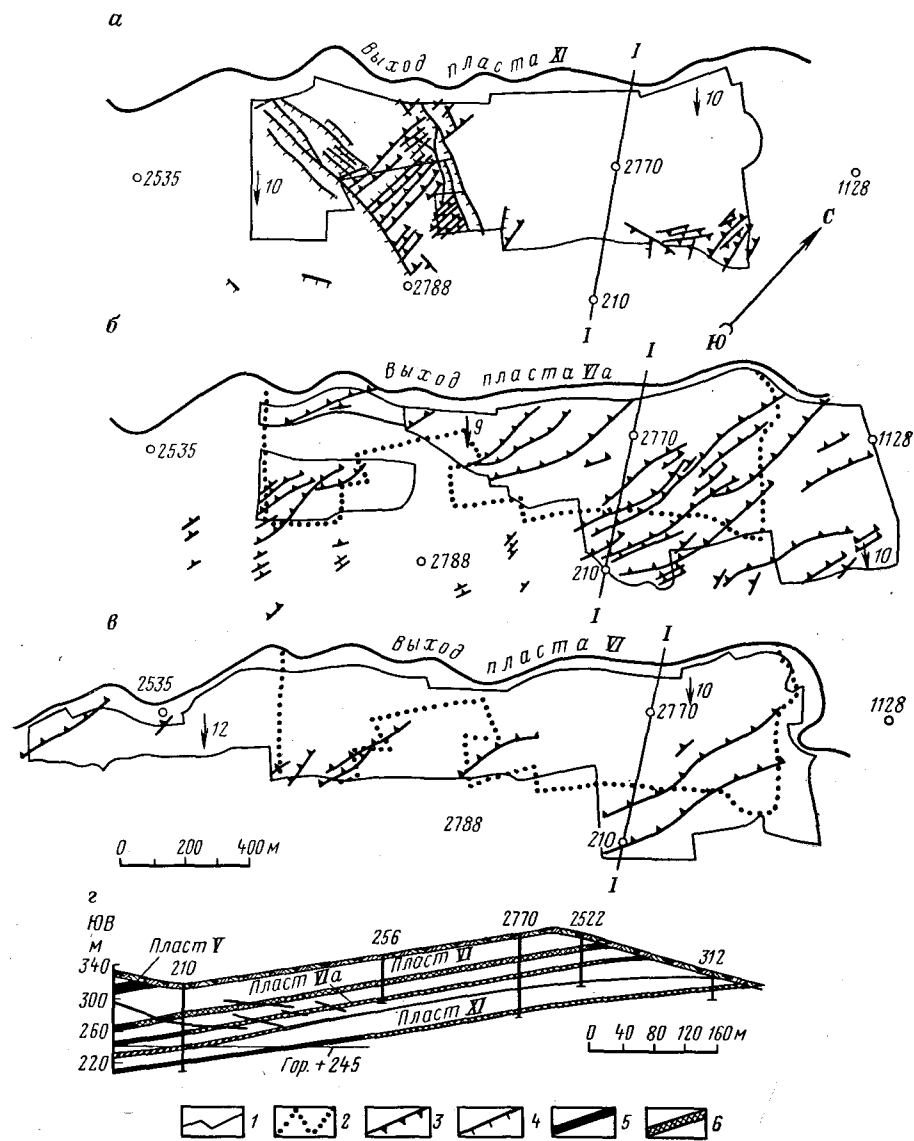


Рис. 29. Различия в характере и степени проявления мелкоамплитудных разрывных нарушений смежных угольных пластов по данным эксплуатационных работ на шахте им. Ленина в Кузнецком бассейне. По В. Ф. Твердохлебову и А. Н. Пономареву.

Проекция пластов: а — XI, б — VIa; в — VI, з — геологический разрез по линии I—I. 1 — контур отработанной площади пластов; 2 — проекция контура отработки нижнего пласта (XI) на верхние пласты; 3 — взбросы; 4 — сбросы; 5 — уголь; 6 — выработанная часть пласта

же площади и не контролируются более крупными структурными элементами (рис. 29). В. Ф. Твердохлебов и А. Н. Пономарев, проводившие изучение распространения малоамплитудной нарушенности на ряде шахт Кузнецкого, Печорского и Карагандинского бассейнов, считают одной из основных причин избирательной пораженности мелкими разрывами различных угольных пластов возникновение локальных аномалий полей напряжений при складкообразовании за счет неоднородности толщ, вмещающих угольные пласты. Изменчивость литологического состава межпластий и мощностей пород с резко отличными физико-механическими свойствами, по их мнению, создают предпосылки для локализации разрешения напряжений, возникающих при складкообразовании, в различных формах мелких разрывов угольных пластов с различной интенсивностью проявления и размерами нарушенных площадей.

В целом закономерности проявления и пространственного размещения мелкоамплитудных нарушений изучены еще недостаточно.

### § 6. ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Месторождения ископаемых углей характеризуются исключительным разнообразием горно-геологических условий. Это разнообразие является следствием прежде всего различий условий углеобразования и последующей истории геологического развития месторождений, определивших угленасыщенность разрезов угленосных толщ, особенности морфологии угольных пластов и ее изменчивости, литологический состав угленосных формаций, степень литификации (и соответственно физико-механические свойства) углей и вмещающих их пород, тектонику месторождений, современные глубины залегания углей. На горно-геологические условия разработки оказывают влияние такие специфические особенности углей, как способность их к самовозгоранию, образованию пыли, генерации и сорбции газов. Существенное значение имеет местоположение месторождений по отношению к элементам современного рельефа, уровням подземных вод, районам распространения многолетней мерзлоты и сейсмической активности. В дополнение к рассмотренным выше характерным чертам морфологии пластов и тектоники в данном разделе приводятся сведения о других специфических горно-геологических особенностях угольных месторождений.

**Литологический состав и физико-механические свойства пород.** Угленосные формации сложены в основном песчано-глинистыми разностями пород различного гранулометрического и вещественного состава. Размеры, степень окатанности и сортировки зерен, вещественный состав их и цемента, структурные и текстурные особенности слоев и некоторые другие признаки служат критериями для выделения отдельных литотипов. Последние объединяются в морфологические группы — конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты, карбонатные и углистые породы.

Набор литотипов, их распределение в разрезе и слагающих его циклах определяются палеогеографическими обстановками седиментации, которые, будучи тесно связанными с геотектоническим режимом областей осадко-углеобразования, контролируют также пространственное распространение и мощности отдельных литотипов, их взаимные фациальные переходы, характер слоистости, структурные и текстурные особенности. Каждому литотипу свойственны определенные физико-механические свойства, изменяющиеся под воздействием эпигенеза, выветривания, трещиноватости, водонасыщенности и других наложенных процессов.

Влияние вещественного состава пород на их прочность сказывается, например, на различиях физико-механических свойств одних и тех же морфологических групп осадков в отдельных бассейнах. Так, в Донецком бассейне, где в составе песчаников и алевролитов преобладает кварц (45—85%) и другие компоненты типа кремнистых пород, кислых эффузивов и т. п., крепость этих разновидностей заметно выше, чем аналогичных пород в Кузнецком и Карагандинском бассейнах, в составе которых главную массу представляют обломки кислых плагиоклазов и калиевых полевых шпатов, подвергающихся в процессе эпигенеза серицитизации и каолинизации.

Прочность пород уменьшается, а пористость и влажность их возрастают при уменьшении размеров зерен, увеличении количества глинистого цемента. С увеличением в цементе и в составе аргиллитов карбонатных составляющих прочность пород значительно повышается. Существенное влияние на физико-механические свойства пород оказывают процессы эпигенеза и метаморфизма. По данным В. А. Свержевского, изменение некоторых свойств пород среднего карбона в юго-западной части Донецкого бассейна от начального эпигенеза до раннего метаморфизма выражается следующим образом: предел прочности на сжатие возрастает — песчаников в среднем в 3—3,5 раза, алевролитов в 1,4—1,7, аргиллитов в 1,4—1,5; соответственно для указанных типов пород снижается пористость в 3—4, 1,5—2,0 и 2,7—2,8 раза и влажность — в 3,0—3,5, 2—2,5 и 2,7—2,8 раза. На стадии глубинного эпигенеза, соответствующей образованию углей марок ОС и Т, прочность пород снижается за счет серицитизации глинистых пород и пород с глинистым цементом. При одинаковой степени вторичных изменений однотипных разновидностей пород на снижении их прочностных свойств отражаются сложность и связанные с ней поверхности ослабления по наслоению и пластовые отдельности, «кучерявая» и комковатая текстуры. Резко снижается прочность пород в зоне выветривания, глубина которой от поверхности карбона в районах распространения длиннопламенных углей достигает 180—200 м, газовых — 70—80 м, коксующихся и тощих углей и антрацитов — 40—50 м. Водонасыщение пород понижает их прочность при начальном эпигенезе на 35—50%, при глубинном эпигенезе до 25%, при начальном метаморфизме на 10—15%.

Физико-механические свойства пород являются основой для выбора необходимых размеров, расположения и последовательности проходки горных выработок, способов их крепления и охраны, методов дробления, рыхления и экскавации пород и для решения других вопросов, связанных с вскрытием и отработкой месторождения. Проходка и поддержание, а в необходимых случаях ликвидация капитальных, подготовительных и очистных выработок сопровождаются возникновением или развитием в окружающих породах деформаций, сдвижений, напряженных состояний, в ряде случаев — разрушением пород и крепи горных выработок, обрушением обнажений и т. п. Важнейшими механическими свойствами пород, влияющими на горное давление и сдвигение при ведении горных работ, являются их прочность и деформативность от нагрузок. По преимущественному проявлению этих свойств горные породы условно подразделяются (ВНИМИ, 1965) на твердые (монокристаллы), сыпучие (рыхлые), трещиноватые (нарушенные) и пластичные (вязкие). Важнейшими прочностными показателями являются: пределы прочности при одноосном сжатии ( $\sigma_{сж}$ ), при растяжении ( $\sigma_p$ ), при изгибе ( $\sigma_{из}$ ), упругости при сжатии ( $\sigma_e$ ), текучести ( $\sigma_T$ ). Деформативные свойства пород характеризуются показателями: модуль упругости, коэффициенты Пуассона (поперечных деформаций), вязкости, бокового распора и др. Прочностные и деформативные свойства пород находятся в тес-

ной зависимости от таких их физических свойств, как объемная масса, естественная влажность, полная влагоемкость, размокаемость, набухаемость, а также от структурных характеристик — трещиноватости, пористости, анизотропии строения.

С учетом фацальной изменчивости литологического состава пород, различий в степени их вторичных изменений, влияния тектоники, выветривания и других процессов показатели физико-механических свойств пород в отдельных угольных бассейнах и на месторождениях одного и того же бассейна варьируют в широких пределах. Поэтому для условий каждого конкретного месторождения (шахтного или карьерного поля) при ведении геологоразведочных работ осуществляются соответствующие исследования, результаты которых кладутся в основу инженерно-геологической характеристики условий ведения эксплуатационных работ.

Вопрос о прочности горных пород приобрел особое значение в связи с освоением глубоких горизонтов Донецкого бассейна, где для проходки основных горных выработок должны быть выделены интервалы залегания пород повышенной прочности. «Временным положением по разработке проектов новых и реконструируемых действующих глубоких шахт Донбасса» (1965) при проектировании горных выработок на глубинах 600—1000 м в умеренно трещиноватых породах и на глубине до 1200 м в породах, не ослабленных трещинами, рекомендовано по пределу прочности на сжатие относить породы:

к прочным с  $\sigma_{сж} > 8820$  Н кг;  
к среднепрочным с  $\sigma_{сж} 5880—8820$  Н кг;  
к слабым с  $\sigma_{сж} < 5880$  Н кг.

Существенно ослабленные трещинами породы относятся к слабым.

**Кровля и почва угольных пластов.** Важнейшим фактором горно-геологических условий разработки является устойчивость кровли и почвы угольных пластов. Под воздействием горного давления происходит сдвигение, деформирование и обрушение пород кровли, пучение пород почвы, вдавливание в них стоек крепи, при крутых (более 40°) углах надения — сползание пород.

В практике горных работ исторически сложилось разделение кровли пластов на ложную, непосредственную и основную. Ложной кровлей называются слои пород незначительной мощности, находящиеся непосредственно над углем и обрушающиеся одновременно с выемкой угля. **Н е п о с р е д с т в е н н а я к р о в л я** — толща пород, находящаяся непосредственно над углем (или ложной кровлей), обрушение которой происходит вслед за удалением крепи. **О с н о в н а я к р о в л я** — толща пород, залегающая на непосредственной кровле, обладающая свойством зависать после обрушения непосредственной кровли. Поведение кровель угольных пластов при их отработке определяется геологическими и техническими причинами. К последним относятся: скорость продвижения забоев, величина обнаженного пространства, ориентировка линии забоев по отношению к системам природной трещиноватости пород, способы управления кровлей, степень сдренированности вод и др. Но основными факторами, определяющими устойчивость кровель в призабойном пространстве, являются геологические особенности залегающих над угольным пластом пород. Влияние геологических причин на устойчивость кровель угольных пластов изучалось многими исследователями (П. В. Васильев, С. И. Малинин, Б. В. Смирнов, В. А. Свержевский, Р. И. Ненашева и др.). Результаты проведенных исследований в общих чертах сводятся к следующему.

Возникновение ложной кровли определяется прежде всего незначительностью или отсутствием сцепления с вышележащими породами залегающих над углем одного или нескольких слоев. Контакт ложной кровли с вышележащими слоями проходит по плоскостям размыва, гладким поверхностям пластовой отдельности, послонных подвижек с перетертым глинистым материалом. Породы ложной кровли чаще всего представлены тонкослоистыми аргиллитами (реже алевролитами) с микрослойками углистого материала, который, распределяясь по плоскостям наслоения, способствует образованию тонких плиток. Возникновению ложной кровли способствуют образование поверхностей ослабления в связи с послонным скоплением слюнистых минералов, однозначной ориентировкой глинистых частиц, подвижками по стратиграфическим контактам, развитием интенсивной площадной трещиноватости и мелкоамплитудных разрывов, а также ослабление механической прочности пород и сцепления на контактах под влиянием увлажнения и выветрелости пород.

Устойчивость пород непосредственной кровли зависит от литологического состава пород, минерального состава обломочного материала и цемента, разнообразия в литологическом сочетании мощности и последовательности слоев пород, способности пород к расслоению, характера трещиноватости, интенсивности проявления мелкоамплитудных разрывов, выветрелости и обводненности пород. Крепость пород возрастает с повышением степени их эпигенеза, при преобладании в составе обломочных зерен твердых минералов, например кварца, кремнистом составе цемента, проявлении цементации разведания, когда цемент не только заполняет промежутки между зернами, но и корродирует их. Вне зависимости от мощности слоев обрушаются после удаления крепи породы с пределом прочности при сжатии до  $4400-5400 \text{ Н/см}^2$ , ниже определенного предела мощности слоя или пластовой отдельности обрушаются и более прочные породы. Независимо от литологического состава неустойчивыми являются интенсивно выветрелые обводненные и интенсивно нарушенные породы, а также породы на участках, находящихся вблизи крупных разрывных нарушений.

Горно-геологические свойства основной кровли проявляются в форме первичных и вторичных (периодических) осадок после их зависания при продвижении очистных забоев. Чем выше прочность пород, тем большим становится шаг первичной (расстояние отхода очистного забоя до первого обрушения пород) и вторичной (величина отхода забоя в период между смежными обрушениями) осадок. При большой величине шагов осадок обрушение пород сопровождается мгновенным освобождением накопившейся потенциальной энергии, возникновением ударной воздушной волны, вызывающей повреждение крепи, иногда обвалы кровли в рабочем пространстве. Поэтому рекомендуется выделять легкообрушаемые, среднеобрушаемые и труднообрушаемые типы основных кровель по литологическим, тектоническим и гидрогеологическим признакам и показателям деформативных и пластических свойств.

Осложняющим ведение горных работ процессом является пучение (поддувание) почвы угольных пластов. В наибольшей степени подвержены пучению глинистые гидрофильные породы. Усилению этого процесса способствуют увлажнение пород, низкая степень их литификации, возрастание глубины разработки пластов. В Донецком бассейне пучение пород в аргиллитах проявляется с глубины 300 м, в алевролитах — с глубины 400—500 м. Пучение пород в шахтах Кузнецкого бассейна начинается в выработках, пройденных по угольному пласту с глубины 60—80 м, в полевых выработках — с глубины 150—200 м. Склонность к пучению повышают наличие в почве угольных пропластков, слоистость, трещиноватость и другие структурные ослабления.

Вдавливание стоек крепи в почву в основном происходит в углисто-глинистых аргиллитах, сильно глинистых алевролитах с низкими показателями прочности. Этому процессу способствует также наличие труднообрушаемой основной кровли, при осадке которой резко возрастает горное давление. Процессу сползания относительно маломощных (до 1 м) слоев непосредственной почвы при углах падения более  $40-45^\circ$  способствуют низкая механическая прочность пород, наличие в почвах угольных прослоев, увлажнение пород.

Накопление потенциальной энергии упругого сжатия горных пород и освобождение ее при разрушении предельно напряженных участков углей и пород выражается в «стрелянии», толчках, микроударах и горных ударах. Горные удары по своей разрушительной силе и внезапности проявления являются исключительно опасными, и прогнозу их возникновения уделяется большое внимание. Проведенными исследованиями установлено, что удароопасность тесно связана с прочностью и структурными особенностями угля и покрывающих его отложений, углов падения пород, глубины разработки. Чем ниже прочность угля и круче углы падения пород, тем меньше глубина разработки, при которой возникают горные удары. На большинстве месторождений к удароопасным относятся песчаники, известняки, пластовые жилы изверженных пород с пределом прочности на сжатие не менее  $9800 \text{ Н/см}^2$  при мощности слоев 10 м и более. Горные удары возникают более часто и с большей разрушительной силой на пологих пластах. Удароопасность повышается при наличии разрывных нарушений, разделяющих горный массив на крупные блоки.

**Газоносность.** Пласты угля и вмещающие их породы содержат природные газы, которые представлены смесью метаморфических газов, образовавшихся в результате разложения и метаморфизма органического вещества углей с газовыми компонентами воздуха, проникающего с поверхности в угленосные образования. Основными компонентами природных газов в угольных месторождениях являются метан, азот и углекислый газ, подчиненное значение имеют водород, окись углерода, тяжелые углеводороды и инертные газы.

Газы в угольных пластах и вмещающих породах находятся в свободном и сорбированном состоянии. Свободный газ заполняет поровое пространство, трещины и пустоты. Количество его зависит от пористости, трещиноватости и обводненности пород, а также от давления, под которым газ находится. Для вмещающих пород — это основная форма нахождения газа, сорбционная способность их ничтожно мала. Для углей природная газоносность определяется в основном их адсорбционными свойствами. Суммарная поверхность пор в углях очень велика, и угли обладают свойствами высокогазоемких тел. Адсорбционная активность повышается с возрастанием степени метаморфизма углей, с увеличением (до полного насыщения) давления и снижается с повышением температуры. Подчиненную роль играют абсорбция и хемосорбция.

На современное состояние природной газоносности месторождений оказывают существенное влияние: глубина и структурные формы залегания угольных пластов, наличие и характер разрывных нарушений, многолетней мерзлоты, мощность и характер покровных отложений, петрографический состав углей и степень их метаморфизма, литологический состав вмещающих пород, гидрогеологический режим (рис. 30). Генерируемый в процессе метаморфизма углей метан мигрирует с глубоких горизонтов к дневной поверхности. В результате взаимодействия его с проникающим в угленосные отложения с поверхности (в основном по угольным пластам) атмосферным воздухом и газами, образовавшимися при химических и биохимических процессах,

в распределении газов на угольных месторождениях проявляется четко выраженная вертикальная зональность — последовательное чередование зон с преобладанием в составе тех или других основных компонентов (табл. 2).

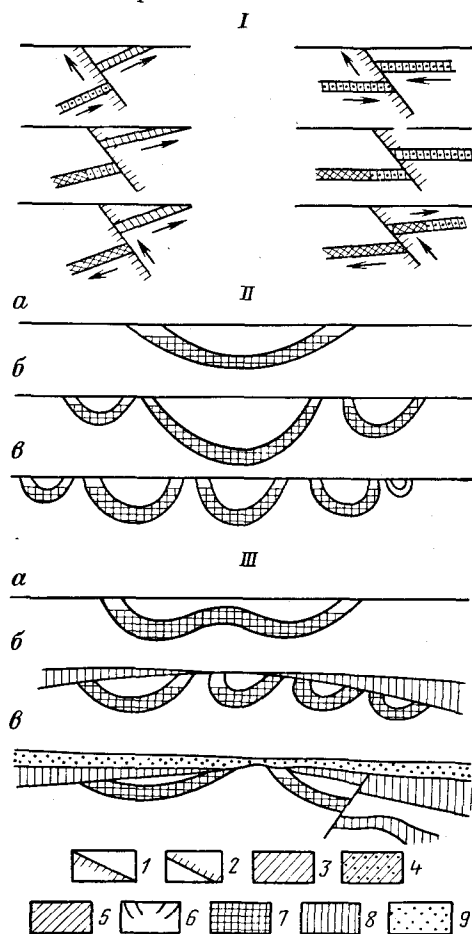


Рис. 30. Влияние на газоносность угольных пластов геологических особенностей месторождений. По Г. Д. Лидину.

I — влияние характера разрывных нарушений; II — влияние геологической структуры бассейна: а — котловинная структура, б — котловинная периферийной складчатости, в — складчатая; III — влияние зрелости бассейнов: а — обнаженный бассейн; б — полубнаженный бассейн; в — закрытый бассейн. 1 — открытые трещины, 2 — закрытые трещины; участки пласта: 3 — лишенные метана, 4 — с пониженной газоносностью, 5 — с повышенной газоносностью (косая клетка на рисунке, см. позицию I); 6 — зона газового выветривания; 7 — метановая зона; поровные отложения; 8 — без активной циркуляции подземных вод; 9 — с активной циркуляцией подземных вод

метановая зона залегает под слоем многолетней мерзлоты. Высокой метаносностью характеризуются месторождения Кавказа, Норильского района, Партизанского бассейна, о. Сахалина. Месторождения Подмосковного и Днепров-

ского бассейнов характеризуются интенсивным выделением углекислого газа с попутным образованием окиси углерода. Высокие содержания углекислого газа фиксируются в антрацитовых шахтах Восточного Донбасса.

Для ведения эксплуатационных работ особую опасность представляет метан, образующий в соединении с воздухом взрывчатую смесь. Все верхние зоны до метановой объединяются в область газового выветривания. В этой области существенное значение имеет содержание углекислого газа в атмосфере горных выработок, которое регламентируется правилами по технике безопасности (табл. 3). Верхняя граница метановой зоны определяется по содержанию метана в газах более 80%, по парциальному давлению метана более  $(1,0-1,5) \cdot 10^5$  Па, по относительной метанообильности горных выработок более 2 м<sup>3</sup>/т суточной добычи. Группировка шахт по метанообильности приведена в табл. 3.

Глубина области газового выветривания как в целом для крупных бассейнов, так и для отдельных их частей, а также для изолированных месторождений колеблется в широких пределах — от 0 до 1000 м. Поверхность ее имеет волнистый характер со значительными иногда колебаниями в гипсометрических отметках в зависимости от конкретного проявления геоморфологических, тектонических и гидрогеологических факторов. По Г. А. Лидину (1959) и А. И. Кравцову (1968), выделение метана в горных выработках шахт Донецкого бассейна фиксируется в различных районах на глубинах от 50—100 до 700—1000 м, Кузнецкого бассейна — от 50 до 120 м, Карагандинском — от 100 до 150 м.

Для Карагандинского и Печорского бассейнов характерно отсутствие углекислотных зон. Область газового выветривания в Карагандинском бассейне представлена азотной и азотно-метановой зонами. В Печорском бассейне —

интенсивным выделением углекислого газа с попутным образованием окиси углерода. Высокие содержания углекислого газа фиксируются в антрацитовых шахтах Восточного Донбасса.

Таблица 2  
Газовая зональность угольных месторождений (по А. И. Кравцову)

Зона (сверху вниз)	Содержание основных газов, %		
	N <sub>2</sub>	СН <sub>4</sub> + тяжелые углеводороды	СО <sub>2</sub>
Азотно-углекислая	0—50	0	100—50
Углекисло-азотная	100—50	0	0—50
Метаново-азотная	100—50	0—50	0—20
Азотно-метановая	50—0	50—80	0—20
Метановая	20—0	80—100	0—5

Таблица 3  
Группировка шахт

Группа шахт	По углекислообоильности	По метанообильности	
	Выделение углекислого газа (м <sup>3</sup> ) на 1 т среднесуточной добычи	Группа шахт	Выделение метана (м <sup>3</sup> ) на 1 т среднесуточной добычи
I	До 5	I	До 5
II	5—10	II	5—10
III	10—15	III	10—15
IV	Свыше 15	Сверхкатегорийная	Свыше 15

**Внезапные выбросы угля и газа.** При проведении подготовительных и очистных выработок имеют место внезапные выбросы угля и газа. Интенсивность выбросов колеблется от мелких (в несколько тонн угля) до очень крупных (сотни и тысячи тонн угля) с большими объемами выделяющегося углекислого газа или метана. Наиболее частыми эти явления были в Донецком и Партизанском бассейнах, в последние годы они фиксируются в шахтах многих других бассейнов (Кузнецкого, Карагандинского, Печорского) и месторождений. Выбросы в Донецком бассейне фиксировались начиная с глубин 150—300 м, количество их возрастает с глубиной. Внезапным выбросам подвержены лишь некоторые пласты. Причины и механизм выбросов достаточно не изучены. Несомненная связь их с повышенной газоносностью, трещиноватостью, рыхлой структурой угля, повышенным горным давлением. Существуют взгляды на связь их проявления с характером неотектонических движений (Г. А. Коньков, 1962 г.). Основным предупреждающим от внезапных выбросов мероприятием является разгрузка горного давления и дегазация выбросоопасных пластов, в частности путем опережающей обработки близлежащего (защитного) неопасного по выбросам пласта.



В последние годы при освоении глубоких горизонтов Донецкого бассейна (глубже 750 м) проявляются внезапные выбросы песчаников с выносом в выработки от 20 до 2100 т породы, разрушенной на листообразные пластинки. Во всех случаях при этом отмечалась высокая концентрация метана.

**Пыленосность и пневмокоизоопасность.** При бурении шпуров, взрывных работах, комбайновой разработке, а также погрузке добытого угля в атмосфере шахт и разрезов образуется значительное количество угольной и породной пыли. Угольная пыль, как правило, является взрывоопасной. Не взрывчатой является пыль углей с выходом летучих веществ на горючую массу ( $V^r$ ) менее 10%, при нарастании выхода летучих веществ происходит увеличение степени пылеопасности угольной пыли. Взрываемость угольной пыли существенно повышается при наличии в рудничной атмосфере метана. Поэтому во всех шахтах, разрабатывающих угли с выходом летучих веществ ( $V^r$ ) более 10%, осуществляются специальные мероприятия по подавлению пыли.

Попадая в легкие человека, пыль вызывает их заболевание — пневмокониоз (антракоз — от угольной, силикоз — от породной пыли, содержащей свободную кремнекислоту). По санитарно-гигиеническим нормам количество пыли в рудничной атмосфере не должно превышать 2 мг/м<sup>3</sup>.

Силикозоопасны все кварцевые песчаники, алевролиты и другие породы с содержанием свободного кремнезема более 10%. Несиликозоопасны известняки, углистые аргиллиты.

**Самовозгорание углей.** Явления самопроизвольного возгорания углей в горных выработках шахт и разрезов имеют довольно широкое распространение. Основной причиной самовозгорания углей считается адсорбция ими кислорода и повышение температуры за счет протекания в угле химических реакций с образованием продуктов окисления, полукоксования и т. п. При изоляции углей от доступа кислорода самовозгорание их не происходит. Скрытая стадия развития процесса самовозгорания — от возникновения предпосылок к окислению угля до собственно самовозгорания происходит в течение 2—3 месяцев.

Возникновение эндогенных пожаров от самовозгорания углей обуславливается природными и горно-техническими предпосылками. К природным предпосылкам относятся: мощность угольных пластов и условия их залегания, вещественный и гранулометрический состав угля и степень его метаморфизма. При прочих равных условиях эндогенные пожары чаще возникают на пластах с повышенной мощностью и при крутых углах их падения в связи с увеличением зон обрушения и сдвижения вышележащих пород, что увеличивает доступ воздуха к оставшемуся в забоях угля. Способность к окислению возрастает с уменьшением крупности зерен угля, в частности с этим связано увеличение пожароопасности при тектонической раздробленности угольных пластов, повышенной их трещиноватости в зонах выветривания угля. Склонность к самовозгоранию более высока у фюзенизированных разностей угля и при повышенном содержании микрокомпонентов с отчетливо выраженной клеточной структурой. Высокоактивные к самовозгоранию бурые угли, умеренноактивные — каменные, малоактивные — антрациты. Опасность возникновения эндогенных пожаров во многом определяется способами подготовки и системами разработки месторождений, режимом и схемами вентиляции и другими горнотехническими факторами.

**Геотермические условия.** Распределение температуры на поверхности земли определяется внешними условиями. На глубине > 15 м сезонные колебания температуры составляют доли градусов, и ее значения в основном определяются внутренними условиями. С глубиной повсеместно наблюдается нара-

стание температуры горных пород; скорость ее повышения в различных районах неодинакова и зависит от коэффициента теплопроводности пород и плотности теплового потока, на которую оказывают влияние циркуляция грунтовых вод, геологическое строение, близость вулканических очагов, химические реакции, протекающие в земной коре. Геотермический градиент — нарастание температуры на 100 м глубины по вертикали — колеблется на площадях основных угольных бассейнов от 1 до 4 °С (в среднем 2,5° С), повышаясь в областях поднятий и снижаясь в областях прогибов. Напряженность геотемпературного поля на площадях бассейнов крайне неравномерна — наблюдается общая закономерность в повышении температур на одном и том же горизонте от синклиналей к сводовым частям антиклинальных складок, на участках с повышенной угленасыщенностью и на площадях с тепловыми аномалиями, где температуры превышают фоновые значения на 5—10° С.

Геотермические условия оказывают существенное влияние на ведение горно-эксплуатационных работ. Согласно «Правилам безопасности в угольных и сланцевых шахтах» (1964 г.) температура воздуха в горных выработках не должна превышать 25° С. Превышение этого предела вызывает необходимость применения усиленной вентиляции и искусственного охлаждения воздуха.

**Гидрогеологические условия** являются важнейшим природным фактором при решении вопросов о промышленном освоении месторождений полезных ископаемых. Они формируют приток воды в систему горных выработок, воздействие вод на горные породы изменяет их физико-механические свойства, обуславливая снижение прочностных свойств, проявление пучения и текучести, возникновение процессов суффозии и оползания и т. п.

Гидрогеологические условия угольных месторождений характеризуются большим разнообразием, зависящим от физико-географических особенностей районов их нахождения (климата, рельефа, гидрологии), специфики геологического строения и собственно гидрогеологических факторов. Наиболее важными из последних являются: характер и степень водоносности пород, количество и мощность водоносных горизонтов, их фильтрационные свойства, условия питания, величины гидростатического и гидродинамического давления на кровлю и почву угольных пластов, степень их изоляции водоупорными слоями, химический состав вод (коррозионные свойства).

Совокупность физико-географических, геологических и гидрогеологических особенностей определяет выбор способов проходки вскрывающих месторождение выработок, систем и порядка отработки, способов управления кровлей, осуществление дренажно-осушительных и защитных мероприятий.

В подавляющем большинстве случаев при строительстве угольных шахт и разрезов и при ведении эксплуатационных работ проводятся осушительные мероприятия для обеспечения устойчивости подготовительных и очистных выработок, борьбы с большими притоками воды, предотвращению прорывов вод. Осуществляются три способа осушения.

1) поверхностный — путем заложения с поверхности земли или уступов карьеров водопонижающих, водопоглощающих и разгрузочных скважин, дренажных траншей, иглофильтровых установок, горизонтальных скважин и т. п.;

2) подземный — при помощи дренажных горных выработок с восстающими, горизонтальными самоизливающимися скважинами, сквозными фильтрами и трубчатыми колодцами;

3) комбинированный, сочетающий указанные выше способы; вначале производятся мероприятия по предварительному осушению с поверхности, затем — из подземных выработок.

Выбор способа осушения определяется природными геологическими, гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями месторождения, условиями вскрытия и отработки месторождения и экономическими показателями.

Гидрогеологические особенности угольных бассейнов и месторождений и их влияние на ведение горных работ, методы расчета возможных водопритокков и выбора способов осушения детально рассмотрены во многих специализированных работах и здесь не приводятся.

Особо следует выделить некоторые принципиальные особенности гидрогеологических и инженерно-геологических условий в районах распространения многолетней мерзлоты.

Площадь распространения многолетнемерзлых пород составляет почти половину территории Советского Союза, захватывая северные и восточные (примерно от долготы г. Красноярска) районы и высокогорные области горных систем на юге страны. На этой территории находятся: Печорский, Таймырский, Ленский, Зырянский, Южно-Якутский бассейны, значительная часть Тунгусского бассейна, месторождений Забайкалья и северо-восточных районов СССР.

Основной особенностью районов развития многолетней мерзлоты является наличие практически водонепроницаемой толщи мерзлых пород мощностью от нескольких метров в области южной границы их распространения до нескольких сотен метров в северных районах. Мерзлая зона в различной степени пронизана талыми водоносными слоями. Региональные талики приурочены к крупным водотокам, поверхностным водоемам, зонам тектонических нарушений. Выделяются надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные воды, находящиеся во взаимосвязи, но различающиеся режимом, условиями питания и существования.

Режим надмерзлотных вод, находящихся в зоне сезонного протаивания, питание которых происходит в основном за счет атмосферных осадков, талых и поверхностных вод, зависит от времени года. Межмерзлотные воды движутся между промороженными породами. Основой длительного их существования является связь с источниками питания и постоянное движение. Подмерзлотные воды, заключенные в трещинах и порах пород ниже слоя многолетней мерзлоты, как правило, напорные. Наибольшее отрицательное влияние на проходку горных выработок оказывают межмерзлотные воды и воды региональных таликов. В мерзлых породах водопритокки практически отсутствуют. В шахтных стволах и карьерах существенное влияние на притоки оказывают надмерзлотные воды.

Устойчивость мерзлых пород зависит от их льдистости, температуры, наличия и водоносности таликов, состава и строения пород. Проходка стволов осложняется оттаиванием пород за счет положительной температуры воздуха и особенно при пересечении слоев пород, содержащих грунтовые воды.

Основным видом деформации мерзлых пород в карьерах и подземных выработках является оплывание и обрушение их при оттаивании, при поступлении поверхностных вод по трещинам, образующимся при взрывных работах. Просачивание надмерзлотных и межмерзлотных вод может привести к возрастанию водопритокков до катастрофических величин. Обводненность резко возрастает при выходе выработок на участки, где развиты подмерзлотные воды.

**Прочие горно-геологические условия.** Особо сложные условия разработки возникают на месторождениях, находящихся в горных районах со сложным пересеченным рельефом. При определенных условиях здесь могут возникать оползни естественных склонов, активизирующихся при нарушении равновесия земля-

ных масс инженерными мероприятиями и горными работами. Обильное выпадение осадков в районе некоторых угольных месторождений Средней Азии (Ангренское, Кок-Янтакское) приводило к возникновению селевых оползней. На этих и других среднеазиатских месторождениях фиксировались катастрофические проявления снежных лавин.

Возможности возникновения оползней, селей, лавин как потенциальной угрозы промплощадкам шахт (карьеров) и жилым поселкам должны подвергаться специальному изучению в процессе производства геологоразведочных работ как важнейший инженерно-геологический фактор.

Для промышленного освоения угольных месторождений ряда районов (Закавказье, Средняя Азия, южные районы Кузнецкого, Канско-Ачинского, Иркутского бассейнов, месторождений Забайкалья, Приморья, о. Сахалина, северо-восточных районов и др.) осложняющим фактором является повышенная сейсмическая активность.

Глава II  
СОСТАВ И СВОЙСТВА УГЛЕЙ

§ 7. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ УГЛЕЙ

В состав ископаемых углей входят: органическое вещество — продукт преобразования растений и микроорганизмов, минеральные примеси и влага.

Микроскопически различаемые однородные органические и минеральные составные части угля называются микрокомпонентами. В различное время и различными исследователями предложена и используется до настоящего времени обширная терминология составных частей угля. В связи с тесной зависимостью технологических свойств углей от их вещественного состава ГОСТ 9414—60 утверждена терминология микрокомпонентов (табл. 4) и методика их определения. При исследованиях шлифов углей под микроскопом микрокомпоненты различаются микрорельефом и отражательной способностью. Объединение их в группы произведено с учетом общности физических свойств и химического состава, определивших близость технологических свойств.

Таблица 4  
Терминология микрокомпонентов (по ГОСТ 9414—60)

Группа	Обозначение группы	Микрокомпоненты	Обозначения микрокомпонентов
Витринит	Vt	Коллинит Телинит	Vt <sub>1</sub> Vt <sub>2</sub>
Семивитринит	Sv	Семиколлинит Семителинит Микстинит	Sv <sub>1</sub> Sv <sub>2</sub> Sv <sub>3</sub>
Фюзинит	F	Семифюзинит Микринит Фюзинит Склеротинит	F <sub>1</sub> F <sub>2</sub> F <sub>3</sub> F <sub>4</sub>
Лейптинит	L	Споринит Кутинит Резинит	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub> L <sub>3</sub>
Альгинит	Alg	Альгоколлинит Альготелинит	Alg <sub>1</sub> Alg <sub>2</sub>
Минеральные примеси	Ml	Глинистый материал Сульфиды железа Карбонаты Прочие	Ml <sub>1</sub> Ml <sub>2</sub> Ml <sub>3</sub> Ml <sub>4</sub>

Каждый из выделенных органических микрокомпонентов образовался в основном из одинакового исходного материала и в одинаковых условиях его преобразования. Компоненты группы витринита — коллинит и телинит — являются продуктами завершеного в различной степени в анаэробных условиях процесса гелификации лигнино-целлюлозного материала, фюзинит — результатом процесса его фюзенизации в аэробных условиях и окислительной среде. На исходный материал компонентов групп семивитринита и фюзинита (кроме собственно фюзинита) наложился в различной степени процессы и гелификации, и фюзенизации. Элювиация — вымывание проточными водами продуктов окисления лигнино-целлюлозных тканей — сопровождалась обогащением органической массы остатками наиболее устойчивых частей растений (оболочками спор, кутикулами, смоляными тельцами, пробковой тканью коры и т. п.), создавших основу микрокомпонентов группы лейптинита. Гумусовые угли, сложенные почти полностью остаточными стойкими форменными элементами, выделяются в особую группу — липтоболиты. Продукты преобразования водорослей и планктона выделены в группу альгинита, слагающую в основном органическое вещество сапропелевых углей.

Минеральные примеси в углях содержатся либо в тонкодисперсном состоянии, либо в виде тончайших прослоек и линз, а также кристаллов и конкреций различной формы. Источником минеральных примесей могут быть: неорганические составные части растений-углеобразователей, терригенный материал, приносимый в торфяник водой и ветром, минеральные новообразования, выпадающие из растворов в процессе торфонакопления и углеобразования в результате химического взаимодействия различных соединений. Состав минеральных примесей — кварц, глинистые минералы (главным образом каолинит), полевые шпаты, пирит, марказит, сульфаты, карбонаты и другие соединения, содержащие кремний, алюминий, железо, натрий, кальций, магний, калий, фосфор, редкие и рассеянные элементы. Содержание минеральных примесей в углях колеблется в широких пределах — от 1 до 50%; отделение углей от углистых пород условно принято по содержанию минеральных примесей в сухом угле до 50%.

Влага в углях частично входит в состав органической массы (пирогенная), содержится в кристаллизационных решетках некоторых минералов (гидратная), большая часть ее удерживается в порах угольного вещества силами адсорбции (гигроскопическая).

Органические микрокомпоненты обладают существенными различиями в химическом составе, физических и технологических свойствах. На одной и той же стадии преобразования органического вещества компоненты группы витринита характеризуются заметно повышенным по сравнению с компонентами группы фюзинита содержанием водорода и пониженным — углерода. Особенно повышенным содержанием водорода характеризуются компоненты групп лейптинита (6—8%) и альгинита (8—12%).

При термическом воздействии компоненты группы витринита и лейптинита на определенных (средних) стадиях метаморфизма углей переходят в пластическое состояние, семивитринита — в той или иной степени размягчаются, фюзинита — не обладают способностью даже частичного размягчения. Повышение в углях содержания фюзинита сопровождается снижением выхода летучих веществ и спекаемости (рис. 31).

Установлено также, что угли одинакового петрографического состава на равных стадиях преобразования органического вещества нередко обладают различными химическими свойствами. Эти различия объясняются неодинако-

вой степенью первичной восстановленности углей, причины которой еще недостаточно выяснены. В Донецком бассейне для учета влияния восстановленности среднекарбонных углей используется предложенная ДонУГИ группировка: *a* — маловосстановленные, *b* — промежуточные, *c* — восстановленные, *cc* — весьма восстановленные; в Кузнецком И. И. Аммосовым и В. П. Ермаковой выделены генетические классы: более восстановленный ( $\alpha$ ) и менее восстановленный ( $\beta$ ). Более восстановленные угли характеризуются повышенным

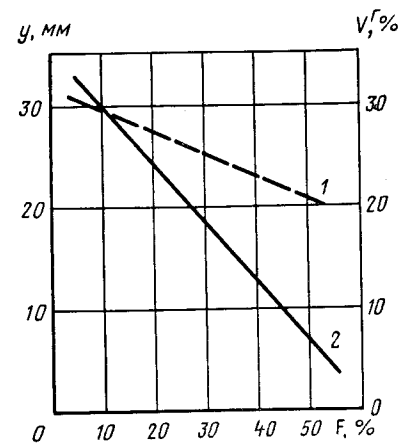


Рис. 31. Зависимость выхода летучих веществ  $V^r$  и толщины пластического слоя ( $y$ ) жирных углей от содержания компонентов группы фюзинита. По И. В. Еремину. 1 — выход летучих веществ; 2 — толщина пластического слоя

в угольных пластах в виде вытянутых линз мощностью 3—5 мм (редко до 20—50 мм). Для него характерны монолитность, раковистый излом, во многих случаях нормальная к слоистости трещиноватость, определяющая

выходом летучих веществ, смол, более высоким содержанием углерода и серы и спекаемостью, снижением содержания кислорода; в золе углей преобладают основные окислы, главным образом железа. Различия в выходе летучих веществ изометаморфных углей неодинаковой степени восстановленности снижаются с повышением степени их углефикации (табл. 5).

Пласты угля представляют собой сложное сочетание различных органических и минеральных микрокомпонентов. Вещественный состав углей определил их макроскопические различия, по которым (прежде всего по блеску) различают следующие литотипы: витрен, кларен, (блестящий), дюрено-кларен (полублестящий), кларено-дюрен (полуматовый), дюрен (матовый), фюзен (сажистый).

Витрен и фюзен выделяются как самостоятельные литотипы при мощности слоев более 3 мм, а остальные литотипы — при мощности более 10 мм.

Витрен представлен в основном микрокомпонентами группы витринита. Он залегает

Таблица 5

Влияние восстановленности на выход летучих веществ из изометаморфных углей Донецкого бассейна (по ДонУГИ)

Выход летучих веществ ( $V^r$ ), %		
из мало восстановленных углей типа «a»	из восстановленных углей типа «b»	разница в выходе летучих веществ
45	53,2	8,2
40	47,3	7,3
35	41,4	6,4
30	35,5	5,5
25	29,6	4,6
20	23,7	3,7
15	17,8	2,8
10	12,0	2,0
5	6,0	1,1

кубическую отдельность. По особенностям строения и форме слагающих частиц различают однородные, лигнитовые и чешуйчатые разновидности витрена.

Фюзен состоит из компонентов группы фюзинита, сцементированных небольшим количеством витринита. Обычно он образует линзы и примазки по плоскостям напластования мощностью 0,4—1 мм (редко до 1 см). Но на некоторых месторождениях (Ангренское, Ленгерское) фюзеновые разновидности слагают значительные части пластов. По внешнему виду фюзен напоминает древесный уголь, характеризуется матовым черным или серо-черным цветом, иногда однородным, чаще волокнистым строением, шелковистым блеском и низкой механической прочностью.

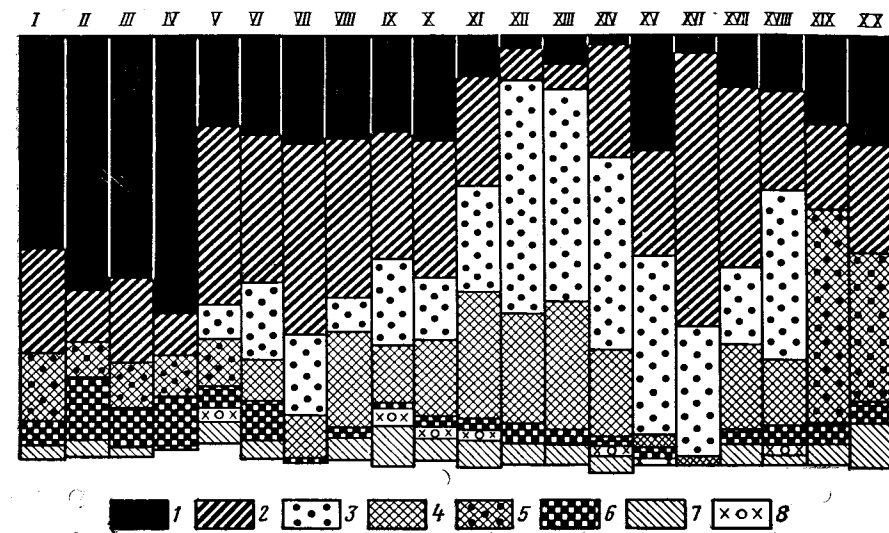


Рис. 32. Среднее содержание литотипов угля в различных пластах Кузнецкого бассейна. По И. И. Аммосову.

Витрен: 1 — блестящий, 2 — полублестящий, 3 — полуматовый зернистый, 4 — полуматовый плотный, 5 — полуматовый с фюзеном, 6 — матовый; 7 — перемятый уголь; 8 — прочие составляющие. Пласты: I — Дальний; II — I Поджуринский; III — Серебренниковский; IV — Болдыревский; V — IV Внутренний; VI — III Внутренний; VII — II Внутренний; VIII — I Внутренний; IX — Характерный; X — Кемеровский; XI — Горелый; XII — Мощный; XIII — Волковский; XIV — Безмянный; XV — Спорный; XVI — Двойной; XVII — Садовый; XVIII — Юнгор; XIX — Петровский; XX — Десятый

Блестящие (клареновые) и полублестящие (дюрено-клареновые) литотипы в преобладающей части сложены микрокомпонентами группы витринита. В подчиненном количестве присутствуют компоненты группы фюзинита и лейптинита.

Полуматовые (кларено-дюреновые) и матовые (дюреновые) литотипы богаты микрокомпонентами групп фюзинита, иногда лейптинита. По сравнению с другими литотипами они характеризуются повышенным содержанием минеральных примесей, меньшей трещиноватостью и большим сопротивлением к истираемости и раздавливанию.

Клареновые, дюрено-клареновые, кларено-дюреновые и дюреновые литотипы слагают в угольных пластах слои значительной мощности, а иногда нацело угольные пласты. В полосчатых углях содержание литотипов угля колеблется в широких пределах (рис. 32).

Таблица 6  
Средний петрографический состав углей бассейнов и месторождений СССР  
(по И. И. Аммосову, 1963 г.)

Бассейны, месторождения	Геологический возраст	Содержание групп микрокомпонентов (%) на чистый уголь			
		Витринит	Семивитринит	Фюзинит	Лейптинит
Углегорское (о. Сахалин)	P <sub>2</sub> -N <sub>1</sub>	98	0	1	1
Гусиноозерское (Забайкалье)	I <sub>3</sub>	54	27	18	1
Тургайский бассейн	I <sub>1</sub> -I <sub>2</sub>	82	1	12	4
Южно-Якутский бассейн	I <sub>3</sub>	92	1	7	0
Канско-Ачинский бассейн	I <sub>2</sub>	65	27	6	2
Ленгерское (Средняя Азия)	I <sub>1</sub>	35	13	48	3
Ангренское (Средняя Азия)	I <sub>1</sub>	12	4	82	2
Челябинский бассейн	T <sub>3</sub> -I <sub>1</sub>	62	27	9	2
Норильское	P	52	3	45	0
Кузнецкий бассейн					
Ленинская подсвита	P <sub>2</sub>	87	3	7	2
Усятская подсвита	P <sub>1</sub>	67	3	30	Доли %
Кемеровская подсвита	P <sub>1</sub>	48	5	45	2
Ишановская и промежуточная под- свиты	P <sub>1</sub>	54	3	40	3
Алыкаевская подсвита	C <sub>2-3</sub>	58	3	37	2
Печорский бассейн					
Воркутское	P <sub>2</sub>	70	3	25	2
Иитинское	P <sub>1</sub>	75	3	20	2
Минусинский бассейн	P-C	74	3	18	4
Донецкий бассейн					
среднекарбоновые угли	C <sub>1</sub>	88	1	8	3
нижнекарбоновые угли	C <sub>1</sub>	60	1	25	14
Подмосковный бассейн	C <sub>1</sub>	45	14	30	10
Кизеловский бассейн	C <sub>1</sub>	46	5	26	23
Карагандинский бассейн					
верхняя и нижняя части карагандин- ской свиты	C <sub>1</sub>	68	3	26	3
средняя часть карагандинской свиты	C <sub>1</sub>	48	4	46	2
Барзасское	D	58	0	2	40

Средний петрографический состав углей основных бассейнов приведен в табл. 6.

### § 8. МЕТАМОРФИЗМ УГЛЕЙ

В результате обусловленного геологическими процессами длительного воздействия повышенных температур и давления бурые угли преобразуются в каменные, а последние — в антрациты. Происходящая при этом необратимая структурно-молекулярная перестройка органического вещества, сопровождаемая постепенным изменением его химического состава, физических и технологических свойств носит название метаморфизма углей\*.

Выделяют три основных вида метаморфизма углей: 1) региональный (глубинный), вызванный воздействием внутренней теплоты Земли и давления перекрывающей толщи пород при погружении углесодержащих толщ в глубь

\* Совокупность процессов преобразования погребенного торфа в бурый уголь и в последующем в каменный и антрацит называется углефикацией. Для каменных углей и антрацитов термины «углефикация» и «метаморфизм углей» — синонимы.

земной коры; 2) термальный — под влиянием тепла, выделяемого магматическими телами, перекрывающими или внедрившимися в угленосную толщу либо в подстилающие ее отложения; 3) контактовый — под воздействием тепла изверженных тел, внедрившихся или пересекших непосредственно угольные пласты. Проблематично признается возможным метаморфизм углей за счет повышения температур в областях проявления тектонических (сжимающих и скалывающих) усилий — динамометаморфизм.

Наибольшее влияние на качество ископаемых углей оказал региональный метаморфизм, который проявился в большинстве известных угольных бассейнов и месторождений. В метаморфических изменениях углей при этом отчетливо фиксируются три основных направления и соответствующих пространственных зональностей — постепенное повышение степени метаморфизма углей: 1) вниз по стратиграфическому разрезу (правило Хильта); 2) в горизонтальном плане с учетом их погружения и перекрытия более мощной толщей пород и 3) с увеличением глубины залегания от поверхности современного эрозионного среза.

Термальный метаморфизм, как правило, накладывается на региональный, приводя к более глубокому преобразованию свойств и качества углей в зонах теплового влияния магматических пород. Сфера влияния и степень изменения свойств и качества угля при термальном метаморфизме зависят от размера изверженных тел, их состава и положения по отношению к угольному пласту. Так, в Норильском районе Тунгусского бассейна тепловое воздействие крупных хонолитов габбро-диабазового состава отразилось в региональных изменениях качества угля на значительных площадях с зональным изменением марочного состава. Пологозалегающие пластовые тела (силлы) титан-авгитовых долеритов, внедрившиеся в угленосную толщу, привели к проявлению термального метаморфизма углей на расстояниях в несколько десятков метров от контакта. В то же время контактовый метаморфизм от секущих угленосную толщу даек долерито-базальтов ограничивается расстояниями в доли метров, несколько метров, реже первыми десятками метров (рис. 33). В Тунгусском, Партизанском бассейнах, на Углегорском месторождении о. Сахалина пластовые тела и секущие интрузии местами создают своеобразные решетки различных размеров, что сопровождается локальным нарушением общего фона особенностей качества углей месторождения в целом и отдельных пластов с преобразованием на отдельных участках газовых углей в жирные, тощие и антрациты.

Пространственная неравномерность проявления термального метаморфизма, приводящая к резким изменениям свойств и качества угля на сравнительно небольших расстояниях, является фактором, осложняющим добычу и использование углей из-за нестабильности их технологических свойств.

Основными факторами в процессе метаморфизма углей являются температура, давление и время (длительность процесса). По современным представлениям региональный метаморфизм углей протекал в течение длительного времени (десятки и сотни миллионов лет) при относительно низких температурах — от 30—40° С для бурых углей до 300° С для антрацитов и при давлении соответственно от 250 до 2500·10<sup>5</sup> Па. Это соответствовало глубинам погружения от 1—2 км для бурых углей до 7—10 км для антрацитов. При термальном и тем более контактовом метаморфизме роль времени и давления снижалась; основное значение имела более высокая температура (до 700—1000° С). При указанных условиях преобразования вмещающих пород при региональном и термальном метаморфизме отвечают стадиям катагенеза и начальному периоду метакатагенеза.

В зоне контакта с магматическими породами вмещающие породы испытывали глубокие изменения — вплоть до полной перекристаллизации и метасоматического преобразования.

Органическая часть угля является наиболее чутким индикатором изменений температуры, давления и других факторов. Ее преобразования сопровождаются протеканием ряда химических процессов, приводящих к постепенному повышению содержания углерода, снижению содержания кислорода, выхода летучих веществ (рис. 34). С повышением степени метаморфизма последовательно нарастают блеск, отражательная способность микрокомпонентов, показатели преломления гелифицированного вещества, оптическая анизотропия,

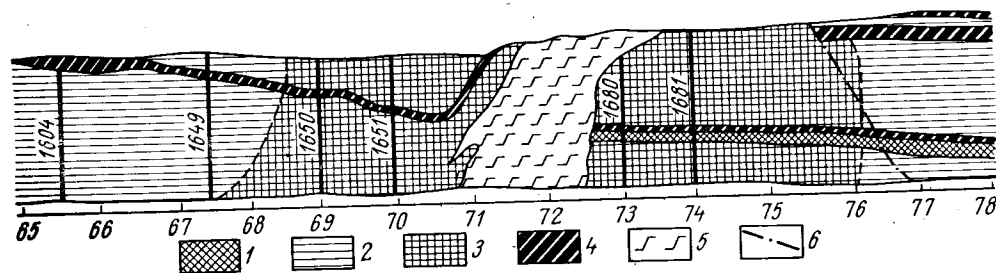


Рис. 33. Изменения качества угля под воздействием даек изверженных пород на Имангдинском месторождении Тургусского бассейна. По Т. К. Безухову.  
1 — уголь матовый; 2 — уголь полосчатый с преобладанием блестящего; 3 — уголь сильно метаморфизованный; 4 — аргиллит углистый; 5 — диабаз; 6 — нарушение

№ пробы	V <sup>Г</sup>	C <sup>Г</sup>	H <sup>Г</sup>	N <sup>Г</sup>	O <sup>Г</sup>
1604	31,5	83,1	5,1	1,6	9,8
1649	26,9	81,8	4,8	1,6	11,8
1650	21,1	79,4	3,8	1,8	15,0
1651	15,8	85,7	3,3	1,6	9,3
1680	14,4	88,5	3,4	2,0	6,1
1681	13,3	89,5	3,8	2,1	4,6

микротвердость. В определенных закономерностях с экстремальными значениями на средних стадиях углефикации изменяются содержание водорода, спекаемость, теплота сгорания, микрохрупкость, трещиноватость, люминесценция, плотность органической массы, скорость ультразвука, гидрофильность, теплопроводность, электрические свойства и другие показатели.

Регионально-метаморфизованные угли образуют непрерывный генетический ряд. В практических целях процесс углефикации подразделяется на стадии и подстадии. Наиболее употребительно подразделение на стадии: бурую (Б), длиннопламенную (Д), газовую (Г), жирную (Ж), коксовую (К), отощенно-спекающуюся (ОС), тощую (Т), полуантрацитовую (ПА) и антрацитовую (А). Во избежание недопустимого отождествления названия стадий углефикации с принятым в СССР марочным подразделением ископаемых углей предложена замена буквенных обозначений стадий углефикации на цифровые (римские): Б-0, Д-1, Г-II, Ж-III, К-IV, ОС-V, Т-VI, ПА-VII, А-VIII-X; подстадии обозначаются дополнительными индексами арабских цифр (например, O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> и т. д.).

Такое подразделение используется и для термально- и контактово-метаморфизованных углей. Изменение свойств углей при термальном метаморфизме в начальных стадиях (до III) совпадает с происходящим при региональном метаморфизме; с V стадии наблюдается замедление нарастания содержания углерода (с сохранением его на уровне 86—88% для IV—VI стадий) и более быстрым уменьшением выхода летучих веществ.

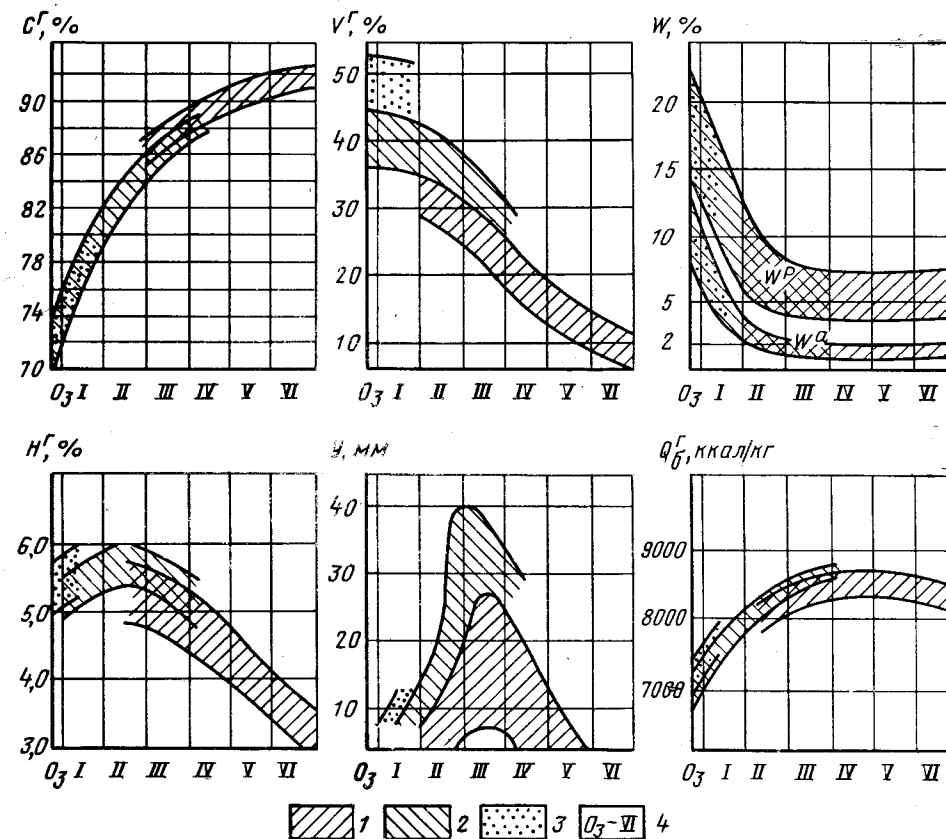


Рис. 34. Изменение содержания углерода C<sup>Г</sup>, выхода летучих веществ V<sup>Г</sup>, влажности W, содержания водорода H<sup>Г</sup>, толщины пластического слоя y и теплоты сгорания Q<sub>6</sub><sup>Г</sup> углей Кузбасса по стадиям метаморфизма. По Э. М. Паху.

Угли: 1 — балахонской серии, 2 — кольчугинской серии, 3 — тарбаганской серии; 4 — стадии метаморфизма

Контактово-метаморфизованные угли на одинаковых стадиях преобразования отличаются от регионально- и термально-метаморфизованных пониженной теплотой сгорания, более высоким содержанием кислорода, полным отсутствием спекаемости, большей плотностью и повышенной зольностью.

Для определения степени (и стадий) метаморфизма каменных углей широкое применение получил весовой выход летучих веществ, определяемый при термическом разложении углей с пересчетом его на горючую массу — V<sup>Г</sup>. Достоинством этого показателя является простота и быстрота его определения и высо-

кая чувствительность к метаморфическим изменениям в диапазоне значений 10—35%. При величинах  $V^r$  более 35% (0 и I стадии углефикации) значительное изменение химического состава органического вещества отражается в очень небольших и нехарактерных изменениях этого показателя. При значениях  $V^r$  менее 10% (VI—X стадии) определение его величины характеризуется недостаточной точностью и ненадежностью результатов анализа и их трудной воспроизводимостью. Однако на выход летучих веществ существенное влияние оказывают первичная восстановленность органического вещества (см. табл. 5), вещественный состав углей и их окисленность. В одном и том же угле наиболь-

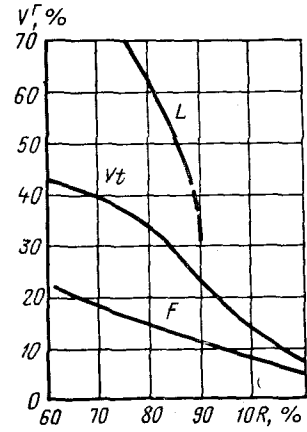


Рис. 35. Изменение выхода летучих веществ  $V^r$  для компонентов группы лейптинита L, витринита Vt и фюзинита F на различных стадиях метаморфизма, выраженных через отражательную способность витринита R. По И. И. Аммосову

ший выход летучих веществ дают компоненты группы лейптинита, несколько меньший — группы витринита и наиболее низкий — группы фюзинита. Различия в выходе летучих веществ из органических компонентов угля наиболее значительны на низких стадиях метаморфизма и уменьшаются с возрастанием его степени (рис. 35). Окисление высокометаморфизованных углей сопровождается увеличением выхода летучих веществ, средне- и слабометаморфизованных — его снижением.

Поэтому область использования выхода летучих веществ как показателя степени метаморфизма ограничивается однородными по петрографическому составу неокисленными каменными углями и с учетом степени их первичной восстановленности. Для неоднородных по петрографическому составу углей выход летучих веществ определяется из вещества определенной группы микрокомпонентов (обычно витринита).

Дополнительно в геолого-промышленных классификациях углей для характеристики степени их метаморфизма привлекается комплекс других показателей — содержание углерода, спекаемость, выход смол — микротвердость и другие особенности химического состава и физических свойств углей (рис. 36).

Для приближенной характеристики степени метаморфизма может быть использована окраска спор, наблюдаемая под микроскопом в прозрачных шлифах: лимонно-желтая у бурых и длиннопламенных углей, желтая — у газовых, оранжевая — у жирных, красная — у коксовых. В более метаморфизованных углях споры не различимы.

В последние годы в СССР и ряде зарубежных стран широкое применение получил метод определения степени метаморфизма по отражательной способности витринита. По регламентированному ГОСТ 12113—66 способу отражательная способность витринита (R) определяется под микроскопом на полированной поверхности анишлифов угля. В диапазоне от землистых бурых углей до высокометаморфизованных антрацитов отражательная способность витринита в воздушной среде  $R^a$  последовательно возрастает (рис. 37) от 5 до 17% (в принятом показателе  $10R^a$  от 50 до 170 условных единиц), в иммерсионном масле  $R^0$  от 0,12 до 7,55%.

На рис. 38 приведена схема, характеризующая изменение некоторых показателей состава и свойств витринита, отнесенного к последовательному (по прямой линии) изменению отражательной его способности в воздушной

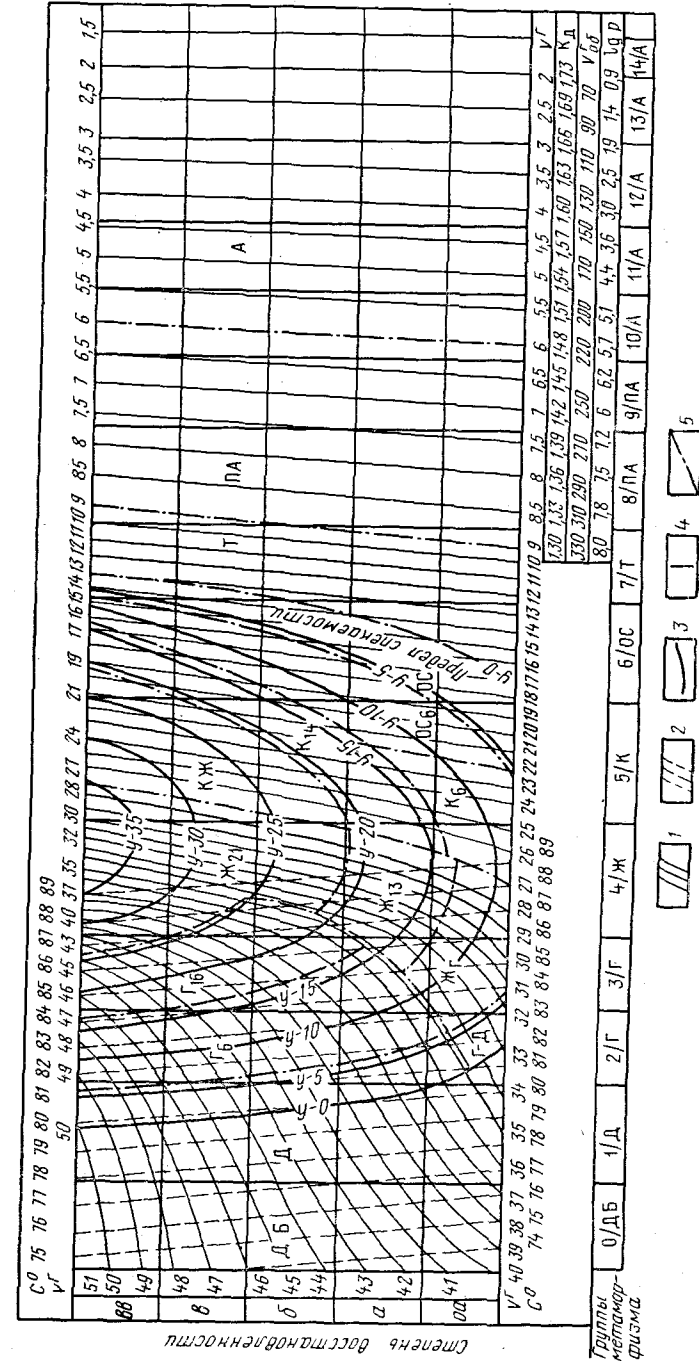


Рис. 36. Классификационная диаграмма клареновых углей Донецкого бассейна (по Донуги и тресту Артемогеология).  
 Изоконтурные: 1 — выхода летучих веществ  $V^r$  (для углей марок Д—Т) и плотности органической массы  $K_d$  (для углей марок Т—А);  
 2 — содержания углерода  $C^0$ ; 3 — толщина пластического слоя  $y$ ; границы: 4 — группы метаморфизма, 5 — марок и технологических групп по ГОСТ 8180—59

среде. Чем больше наклон к оси абсцисс кривой изменения того или другого показателя, тем лучше этот показатель отражает степень метаморфизма углей в той или иной стадии их изменения. Отражательная способность витринита является сквозным единым показателем, характеризующим преобразование органической массы углей на всех стадиях метаморфизма.

Определение метаморфизма угля по отражательной способности витринита может производиться на небольших кусочках угля с неизменными (при

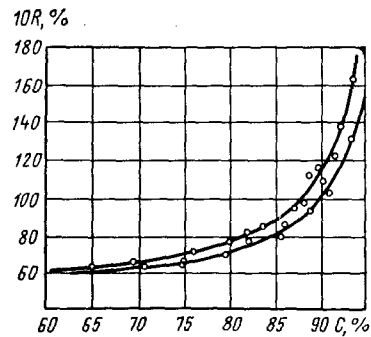


Рис. 37. Зависимость между отражательной способностью витринита R и содержанием в нем углерода C. По И. И. Аммосову.

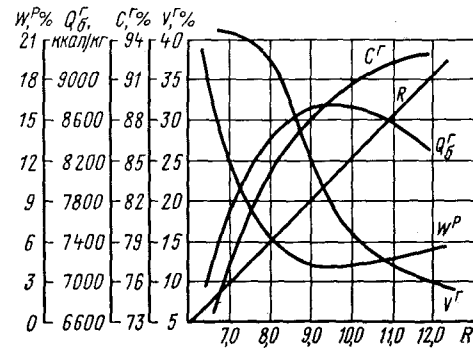


Рис. 38. Изменение состава и свойств витринита на различных стадиях метаморфизма, выраженное через отражательную способность витринита R. По И. В. Еремину, Э. М. Паху

Разделение углей на стадии метаморфизма и классы по отражательной способности витринита

Таблица 7

Группа стадий метаморфизма	Стадии метаморфизма	Отражательная способность витринита в воздухе 10R <sup>a</sup> , усл. ед.	Отражательная способность витринита в иммерсионном масле R <sup>b</sup> , %	Классы
Буроугольная	O <sub>1</sub>	58	Менее 0,3	01
	O <sub>2</sub>	58—66	0,3—0,39	02
	O <sub>3</sub>	67—69	0,40—0,49	03
Каменноугольная	I	70—76	0,5—0,64	10
	I—II	77—79	0,65—0,74	11
	II	80—82	0,75—0,84	12
	II—III	83—86	0,85—0,99	13
	III	87—90	1,00—1,14	14
	III—IV	91—93	1,15—1,29	15
	IV	94—97	1,30—1,49	16
Антрацитовая	IV—V	98—102	1,50—1,74	17
	V	103—107	1,75—1,99	18
	VII—VIII	117—129	2,50—3,40	21
	VIII—IX	130—138	3,41—4,40	22
	IX	139—150	4,41—5,50	23
	X	Более 150	Более 5,50	24

частичном его окислении) петрографическими признаками. Разрешающая способность и объективность этого метода более высока по сравнению с другими, на результаты которых оказывают искажающее влияние неоднородность петрографического состава углей, состав и содержание минеральных примесей, окисленность углей, непредставительность исследуемого материала из-за его неполноты (например, при низком выходе керна) и другие факторы. Использование отражательной способности витринита как основы для подразделения углей по стадиям метаморфизма предусмотрено вводимым в действие с 1/1 1977 г. ГОСТ 21489—76 (табл. 7).

## § 9. ОКИСЛЕНИЕ УГЛЕЙ

Окисление углей по своему воздействию на их химический состав и свойства является процессом, обратным метаморфизму. Оно происходит в зонах аэрации и активного действия подземных вод.

Проникая по поверхностям трещин напластования и кляважа, воздух и вода ослабляют прочность и связность угля. Вначале уголь, сохраняя свой цвет, теряет блеск и распадается на мелкие куски. Ближе к поверхности, где процесс выветривания идет более интенсивно, уголь становится рыхлым (до порошкообразного) и вследствие образования гуминовых соединений приобретает буроватый цвет. В результате выщелачивания органического вещества угля под давлением вышележащих пород происходит уменьшение общей мощности пласта (рис. 39). Вследствие разложения некоторых минеральных веществ и образования новых на выходах выветрелых угольных пластов появляется характерная цветная окраска пород — буро-железистая от гидратов окиси железа, белесоватая от железистых кварцитов, белая от разложения известняков, переходящих в известковые глины («меловка» в Донбассе).

Резко изменяется химический состав углей. Возрастает содержание влаги, в составе органической массы угля снижается содержание углерода и водорода и увеличивается содержание кислорода; соответственно снижается теплота сгорания. В углях появляются окись и двуокись углерода, уксусная кислота и другие вещества, в каменных углях — гуминовые кислоты. Хорошо спекающиеся угли утрачивают способность спекаться и становятся непригодными для коксования. Пирит, содержащийся в угле, переходит в сульфат железа. Увеличивается зольность угля.

Гумиты подвержены воздействию окисления в большей степени, чем сапропелиты и липтобиолиты. Воздействие окисления на петрографические компоненты неодинаково: наибольшим изменениям подвергаются витрен и клареновые разности, меньшим — дюреновые разности и еще слабее — фюзен.

Угли из зоны окисления могут использоваться как энергетическое топливо при условии сохранения достаточной величины теплоты сгорания. Значительная часть углей в верхней части зоны окисления выветривается до состояния

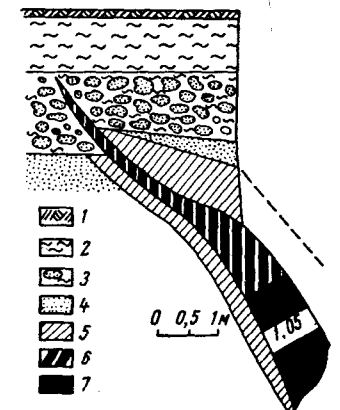


Рис. 39. Утонение пласта на выходе его под покровные отложения (Скальное месторождение, Кизеловский бассейн).

1 — растительный слой; 2 — глина; 3 — разрушенные песчаники; 4 — песчаник; 5 — аргиллиты; 6 — уголь сажистый; 7 — уголь плотный;



полной непригодности как топливо, но в отдельных случаях такие угли могут использоваться в качестве удобрения.

Глубина выветривания углей и степень изменения их физических и химических свойств от выхода пласта под покровные отложения до нижней границы зоны окисления зависят от климатических условий, расчлененности рельефа, современного и древнего положения зеркала грунтовых вод, тектонической нарушенности, вещественного состава углей и степени его метаморфизма. Граница зоны окисления в пределах конкретного месторождения обычно неровная, выше ее в выветрелых углях сохраняются крупные останцы неокисленных углей. В практике разведки и эксплуатации нижняя граница окисления условно принимается прямолинейной по горизонту, определенному наиболее низкими точками, в которых наблюдалось окисление. Эта граница в Донецком бассейне проходит на глубине от 20—30 м в открытой части бассейна до 50 м в западных районах, в Кузнецком бассейне от 20 до 50 м, в Печорском бассейне зона окисления практически отсутствует. Известны случаи значительной глубины окисления углей. Так, на месторождениях Улукемского бассейна нижняя граница зоны окисления проходит на глубине 100 м от дневной поверхности, что объясняется низким положением зеркала подземных вод.

Окисленность устанавливается путем сопоставления отдельных показателей качества углей различных горизонтов для одного и того же пласта. Для этой цели используются химические и петрографические методы, регламентированные ГОСТ 8930—70. Химическим путем окисленность углей определяется по уменьшению теплоты сгорания углей, увеличению содержания фенольных и карбоксильных окислов, выходу из исследуемых углей воды и двуокиси углерода по отношению к выходу этих компонентов из гуминовых кислот. Петрографически на аншлифах устанавливается наличие выветрелости отдельных участков по наличию трещин, дезинтеграции зерен, пустот и каверн выщелачивания.

ГОСТ 2111—63 регламентирует установление границ зон окисления углей Кузнецкого бассейна, используемых для коксования, по потере спекающих свойств ( $y$ ), снижению выхода летучих веществ, увеличению содержания гигроскопической влаги.

#### § 10. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ УГЛЕЙ

Для промышленного использования ископаемых углей определяющее значение имеют их физические свойства и химический состав.

**Физические свойства углей** — твердость, хрупкость, трещиноватость, характер излома, механическая прочность, плотность, термическая стойкость, электрические свойства, состав и свойства минеральной части и др. во многом определяют условия их добычи, хранения, транспортировки и переработки.

Минералогическая твердость углей по шкале Мооса лежит в пределах 1—5, в частности витрена от 2 в бурых углях до 3,5—4 в антрацитах. По определениям на склерометре Мартенса она наиболее высокая у антрацитов, наименьшая — у коксовых и жирных углей; промежуточными значениями минералогической твердости характеризуются длиннопламенные и газовые угли.

Абразивная твердость (способность к истиранию при шлифовании) наиболее высокая у фюзена, более низкая у дюрена и наименьшая — у кларена и витрена.

**Хрупкость** (способность к разрушению без заметного поглощения механической энергии) наименьшая у среднеметаморфизованных (Ж, К, ОС),

медленно повышается к тощим углям и антрацитам, более быстро к газовым. Хрупкость углей повышается с увеличением содержания витринита. В общем случае она тесно связана со степенью трещиноватости углей.

**Эндогенная трещиноватость**, возникающая вследствие сокращения объема вещества, состоит из трех систем. Из двух систем трещин, направленных нормально к напластованию, одна обычно хорошо выражена и называется основной, другая — слабо развитая — торцовой. В совокупности с трещинами напластования эти три системы создают кубические, призматические и пластинчатые формы отдельности, наиболее хорошо выраженные в однородных блестящих углях. Расстояния между основными трещинами в блестящих литотипах колеблются от долей до десятков и сотен миллиметров, снижаясь на средних ступенях метаморфизма. Плотным бурым углям свойственна толсто-столбчатая отдельность с размерами кусков 5—10 см и более. Куски отдельности длиннопламенных углей имеют размеры около 1 см, жирных, коксовых и отощенно спекающихся менее 0,1 см, газовых и тощих — около 0,3 см, антрацитов 0,5—1 см. Характер излома по основной системе трещин — четкий и ровный, по торцовой — неровный мелкозубчатый. Поверхность плоскостей эндогенной трещиноватости носит обычно следы разрывов вещества в виде табличек с равными краями, глазков и плоскораковистого излома.

**Экзогенная трещиноватость**, связанная с проявлениями динамических воздействий тектонических процессов, наибольшее развитие получает на участках интенсивной складчатости и в зонах разрывных нарушений. Трещины имеют ступенчатую штриховатую поверхность, часто со следами скольжения. Они располагаются под различными углами к плоскостям напластования (чаще около 45°) и в совокупности с эндогенными трещинами создают гребенчатую, пирамидальную и чечевицеобразную формы отдельностей. Количество этих трещин может быть очень велико.

При разламывании или раскалывании угля вне плоскостей напластования и отдельности формы поверхности излома бывают различными. Для бурых углей низкой степени метаморфизма характерен землистый излом, для основной массы углей — неровный, угловатый, иногда занозистый, для однородных витринизированных углей — раковистый.

Трещины выветривания имеют клиновидную форму. При глубоком окислении уголь дезинтегрируется — распадается на мелкие кусочки.

Механическая прочность углей как совокупность физических их свойств — твердости, пластичности, трещиноватости и др., характеризуется различными показателями сопротивления разрушению под воздействием напряжений. Наиболее распространенными методами определения механической прочности углей являются регламентированные государственными стандартами испытания дробимости углей в большом и малом барабанах и методом толчения (ГОСТ 15490—70) и определение коэффициента размолоспособности углей (ГОСТ 15489—70).

**Плотность** органической массы углей на низких и средних стадиях метаморфизма снижается за счет уменьшения содержания кислорода, атомы которого имеют большую массу, чем других элементов, входящих в состав угля, что компенсирует уплотнение молекулярной структуры. На высоких стадиях метаморфизма дальнейшее уплотнение структуры приводит к возрастанию плотности углей (табл. 8).

Наибольшей плотностью характеризуется фюзен, меньшей витрен и кларен. Плотность дюренов колеблется в широких пределах в зависимости от содержания фюзенизированных образований.

Таблица 8  
Изменение плотности углей с повышением степени их метаморфизма  
(по В. С. Веселовскому, 1963)

Тип углей	Выход летучих веществ, $V_{орг}^r$ , %	Содержание углерода, $C_{орг}^r$ , %	Плотность, $\gamma_{орг}$ , г/см <sup>3</sup>	Тип углей	Выход летучих веществ, $V_{орг}^r$ , %	Содержание углерода, $C_{орг}^r$ , %	Плотность, $\gamma_{орг}$ , г/см <sup>3</sup>
Бурые	64	62	1,46	Каменные	30	85	1,28
	—	65	1,45		26	87	1,27
	57	67	1,44		23	89	1,30
	50	70	1,42		15	90	1,31
	48	73	1,39				
Каменные	44	75	1,37	Антрациты	13	92	1,34
	40	78	1,35		7	93	1,42
	37	80	1,33		5	94	1,50
	34	82	1,31		2	95	1,80

С увеличением содержания минеральных примесей плотность угля повышается (по Л. Фермору, в среднем на 0,01% при увеличении на каждый процент зольности).

**Объемная масса** — отношение массы угля в куске с ненарушенной структурой и со свойственными ему влажностью, минеральными примесями, заполняющими поры газами к его объему. Этот показатель используется для подсчета запасов углей в недрах и учета их добычи. Объемная масса угля всегда несколько ниже его плотности; различия в величинах этих параметров уменьшаются с повышением степени метаморфизма и соответственно плотности углей, что находит отражение в изменении естественной влажности углей ( $W^p$ ) в массиве. Эти различия в землистых бурых углях достигают 0,3—0,7 г/см<sup>3</sup>, в антрацитах обычно не превышают 0,1 г/м<sup>3</sup>.

Объемная масса, как и плотность, имеет тесную и почти прямолинейную связь с зольностью угля. По данным А. М. Оллыкайнена (1972), в углях марки Д Интинского месторождения градиент изменения объемной массы при повышении зольности на 1% составляет 0,008 г/см<sup>3</sup> в интервале изменения  $A^c$  16—35% и 0,016 г/см<sup>3</sup> в интервале 35—80%. Установлено, что относительное влияние зольности углей на изменение их кажущейся плотности на разных стадиях метаморфизма неодинаково. По данным А. М. Милявского, средние значения коэффициента, отражающего влияние средней зольности на величину объемной массы донецких углей различных марок, составляют: 0,0062 (Д), 0,0119—0,0128 (Г), 0,0129 (Ж), 0,0105 (К), 0,0108 (ОС), 0,0114 (Т), 0,0102 (ПА), 0,01—0,0123 (А). Существенное значение имеет состав минеральной части, особенно при наличии в ней пирита, плотность которого около 5 г/см<sup>3</sup>, что в 2—3 раза превышает средние значения этого параметра для углей и песчано-глинистого материала. Увеличение на 1% содержания серы ( $S_{oc}^c$ ) в зависимости от относительного количества пирита приводит к повышению объемной массы угля на 0,006—0,01 г/см<sup>3</sup>.

**Термическая стойкость** — сопротивление углей механическому разрушению при нагревании изучается для углей, используемых для газификации и в других процессах термической переработки, в частности при получении литейных и электропроводных антрацитов. Она повышается с уве-

личением спекаемости углей и снижается с повышением выхода летучих веществ, влажности и содержания минеральных примесей.

**Электрические свойства.** На низких стадиях метаморфизма угли можно сравнить с диэлектриками, на средних — с полупроводниками, на высоких (антрациты) — с проводниками.

Удельное электросопротивление низкое у бурых углей, обладающих высокой пористостью и влажностью, резко возрастает при переходе бурых углей в каменные и постепенно снижается от длиннопламенных углей к тощим и антрацитам (табл. 9). Повышение зольности в бурых и каменных углях сопровождается снижением электросопротивления, а в полуантрацитах и антрацитах — его повышением. На низких и средних стадиях метаморфизма более высоким сопротивлением обладают блестящие и полублестящие разновидности углей, на высоких — полуматовые и матовые. Окисление углей приводит к значительному снижению их электросопротивления.

Таблица 9  
Удельное электросопротивление сухих углей  
(по С. А. Топорцу, Н. Б. Дортман, В. Я. Труниной, 1962 г.)

Марка углей	Пределы изменения удельного электрического сопротивления, Ом·м	
	при $A^c$ 10%	при $A^c$ 30%
Б	100—400	20—100
БД	400—3000	100—700
Д	3000—1700	700—400
Г	1700—1200	600—350
Ж	1200—1000	500—300
К	1000—800	400—250
ОС	800—700	300—200
Т—ПА	1000—10	100—20
А	1—0,01	100—1

**Химический состав** ископаемых углей очень сложен. Органическая масса их состоит из смесей огромного числа молекул, неоднородность и большая величина которых создают необычайные трудности для разделения вещества на составные части. Присутствие воды и неорганических минералов также затрудняет изучение главных составных частей и искажает результаты исследований. Поэтому исследование состава ископаемых углей производится по двум направлениям: 1) определение средних значений показателей, характеризующих вещество как смесь молекул разных родов (элементарный, технический анализы, исследования различных технологических свойств); 2) определение и изучение групп веществ, сложенных молекулами, обладающими некоторыми сходными свойствами (групповой анализ).

Некоторое представление о химическом составе угольного вещества создает элементарный состав органической массы углей. При определении элементарного состава органической массы устанавливаются содержания в ней углерода, кислорода, водорода, азота и серы. Так как при этом анализе не устанавливается, какие химические соединения входят в состав органической массы, свойства угля определяются в недостаточной степени. Угли с одинаковым содержанием указанных выше элементов в ряде случаев обладают различными свойствами.

Показатели элементарного состава рассчитываются на горючую массу — безводный и беззольный уголь ( $100 - W^a - A^a$ ). Однако в связи с тем что при определении зольности из неорганической массы при прокаливании удаляются углекислота из карбонатов, вода из гидратированных минералов и горючая сера, а состав минеральных примесей в углях различен, элементарный состав органической массы в какой-то части не соответствует показателям, рассчитанным на условную горючую массу. Органическая масса в углях определяется по формуле

$$\text{Org} = 100 - W^a - A^a - \text{CO}_2^a - \text{H}_2\text{O} - 0,625S_k^a + 2,5(S_A - S_c)^a,$$

где  $\text{CO}_2^a$  — двуокись углерода из карбонатов;

$\text{H}_2\text{O}$  — вода из гидратированных минералов;

$S_A$  — содержание серы в золе;

$S_k^a$  — содержание сульфидной (колчеданной) серы в угле;

$S_c$  — содержание сульфатной серы в угле.

По исследованиям Т. А. Зикеева и А. И. Корелина, различие в количестве неорганической массы угля (при расчете поправок) и зольности по прямому определению изменяется от 2,1% для донецких углей до 6,4% для подмосковных углей. Это обстоятельство следует учитывать при рассмотрении и сопоставлении состава органической массы углей различных месторождений, а также величин выхода летучих веществ.

Результаты элементарного анализа позволяют судить по содержанию водорода о природном типе угля (гумусовый, сапропелевый), по соотношению углерода, кислорода и водорода — о степени метаморфизма. Они могут быть также использованы для расчетов выхода химических продуктов коксования, определения теплоты сгорания, теоретической температуры горения и состава продуктов горения при расчете материальных балансов различных процессов использования угля.

Органическая масса бурых углей характеризуется невысоким содержанием углерода (65—68%), повышенным содержанием кислорода (18—24%), содержание водорода колеблется в пределах 4,5—6,5%, азота 0,5—1,5%. При термическом разложении бурые угли дают высокий выход летучих веществ ( $V^r$  42—63%). Характерен высокий выход первичного дегтя (4—25% на сухой уголь). Молодые малоизмененные бурые угли дают большой выход гуминовых кислот (до 64% на сухой уголь), в процессе диагенеза и метаморфизма он постепенно уменьшается до 2—3%. Для бурых углей характерна повышенная влажность в коренном залегании, изменяющаяся в пределах от 11 (для плотных) до 58% (для землистых разностей). В результате интенсивной отдачи пластовой влаги на поверхности происходит растрескивание и разрушение кусков угля с превращением его в мелочь. Естественная влажность бурых углей, отражающая их структурные и текстурные особенности, генетическую природу и степень метаморфизма, принята в качестве основы для технологической группировки.

Разграничение бурых углей от каменных согласно ГОСТ 9276—72 производится по теплоте сгорания в пересчете на влажную беззольную массу и по отражательной способности витринита в иммерсионном масле ( $R_0$ , %). Угли с теплотой сгорания ( $Q_{\text{вл. безз}}$ ) более 5700 ккал/кг и отражательной способностью более 0,50 относят к каменным, с теплотой сгорания менее 5700 ккал/кг и отражательной способностью менее 0,50 — к бурым.

Элементарный состав каменных углей колеблется в пределах: содержание углерода 78—92%, кислорода 12—1,5%, водорода 3,5—5,5%, азота 3—1%. Выход летучих веществ ( $V^r$ ) при термическом разложении колеблется в пределах 9—45%. Микрокомпоненты групп витринита, лейптинита и частично семивитринита каменных углей при нагревании более 410° С переходят в пластичное состояние с последующим затвердеванием, на чем основано промышленное производство кокса. Различия в выходе летучих веществ и спекаемости каменных углей явились основой для подразделения их на промышленные марки.

В антрацитах содержание углерода превышает 92% (в суперантрацитах 96—98%), содержание кислорода 2—1,5%, водорода 1—2,5%, азота — менее 1%. Выход летучих веществ при термическом разложении ( $V^r$ ) не превышает 9%.

Сапропелиты подразделяются на собственно сапропелиты (богхеды), сапропелито-гумиты (кеннели, касьяниты) и гумито-сапропелиты (касьянит-богхеды, кеннель-богхеды и черемховиты). Слагают маломощные прослои среди гумусовых углей бурогоугольной, длиннопламенной и газовой стадий углефикации. Все типы сапропелитов характеризуются высоким выходом летучих веществ ( $V^r$ ) — 55—80%, высоким содержанием водорода 7—12%, при нагревании дают большое количество жидких и газообразных продуктов.

## § 11. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА УГЛЕЙ

Для решения вопросов о рациональном использовании углей в промышленности используются данные технического анализа и специальных технологических исследований, по результатам которых устанавливаются обогатимость углей, коксуемость, возможность использования их для получения монтанвоска, углещелочных реагентов и других назначений.

В технический анализ входят определение в углях влажности  $W$ , зольности  $A$ , выхода летучих веществ  $V$ , содержания серы; сюда же включается определение теплоты сгорания углей.

Для оценки пригодности использования углей в коксохимической промышленности изучается спекаемость и коксуемость углей. Возможность экстракционного производства (монтанвоска, углещелочных реагентов и др.) изучается групповым анализом.

Для получения сравнимых значений показателей качества углей непосредственные результаты анализов пересчитываются на различное состояние исследуемого вещества — сухую, горючую (сухую беззольную), органическую массу, рабочее топливо и др.

Для пересчета используются следующие основные формулы:

1) на сухую массу

$$X^c = X^a \frac{100}{100 - W^a};$$

2) на рабочее топливо

$$X^p = X^a \frac{100 - W^p}{100 - W^a};$$

3) на горючую массу:

а) при содержании  $\text{CO}_2$  менее 2%

$$X^r = X^a \frac{100}{100 - W^a - A^a};$$

Показатели элементарного состава рассчитываются на горючую массу — безводный и беззольный уголь ( $100 - W^a - A^a$ ). Однако в связи с тем что при определении зольности из неорганической массы при прокаливании удаляются углекислота из карбонатов, вода из гидратированных минералов и горючая сера, а состав минеральных примесей в углях различен, элементарный состав органической массы в какой-то части не соответствует показателям, рассчитанным на условную горючую массу. Органическая масса в углях определяется по формуле

$$\text{Org} = 100 - W^a - A^a - \text{CO}_2^a - \text{H}_2\text{O} - 0,625S_k^a + 2,5(S_A - S_c)^a,$$

где  $\text{CO}_2^a$  — двуокись углерода из карбонатов;

$\text{H}_2\text{O}$  — вода из гидратированных минералов;

$S_A$  — содержание серы в золе;

$S_k^a$  — содержание сульфидной (колчеданной) серы в угле;

$S_c$  — содержание сульфатной серы в угле.

По исследованиям Т. А. Зикеева и А. И. Корелина, различие в количестве неорганической массы угля (при расчете поправок) и зольности по прямому определению изменяется от 2,1% для донецких углей до 6,4% для подмосковных углей. Это обстоятельство следует учитывать при рассмотрении и сопоставлении состава органической массы углей различных месторождений, а также величин выхода летучих веществ.

Результаты элементарного анализа позволяют судить по содержанию водорода о природном типе угля (гумусовый, сапропелевый), по соотношению углерода, кислорода и водорода — о степени метаморфизма. Они могут быть также использованы для расчетов выхода химических продуктов коксования, определения теплоты сгорания, теоретической температуры горения и состава продуктов горения при расчете материальных балансов различных процессов использования угля.

Органическая масса бурых углей характеризуется невысоким содержанием углерода (65—68%), повышенным содержанием кислорода (18—24%), содержание водорода колеблется в пределах 4,5—6,5%, азота 0,5—1,5%. При термическом разложении бурые угли дают высокий выход летучих веществ ( $V^r$  42—63%). Характерен высокий выход первичного дегтя (4—25% на сухой уголь). Молодые малоизмененные бурые угли дают большой выход гуминовых кислот (до 64% на сухой уголь), в процессе диагенеза и метаморфизма он постепенно уменьшается до 2—3%. Для бурых углей характерна повышенная влажность в коренном залегании, изменяющаяся в пределах от 11 (для плотных) до 58% (для землистых разностей). В результате интенсивной отдачи пластовой влаги на поверхности происходит растрескивание и разрушение кусков угля с превращением его в мелочь. Естественная влажность бурых углей, отражающая их структурные и текстурные особенности, генетическую природу и степень метаморфизма, принята в качестве основы для технологической группировки.

Разграничение бурых углей от каменных согласно ГОСТ 9276—72 производится по теплоте сгорания в пересчете на влажную беззольную массу и по отражательной способности витринита в иммерсионном масле ( $R_0$ , %). Угли с теплотой сгорания ( $Q_{\text{вл. безз}}$ ) более 5700 ккал/кг и отражательной способностью более 0,50 относят к каменным, с теплотой сгорания менее 5700 ккал/кг и отражательной способностью менее 0,50 — к бурым.

Элементарный состав каменных углей колеблется в пределах: содержание углерода 78—92%, кислорода 12—1,5%, водорода 3,5—5,5%, азота 3—1%. Выход летучих веществ ( $V^r$ ) при термическом разложении колеблется в пределах 9—45%. Микрокомпоненты групп витринита, лейптинита и частично семивитринита каменных углей при нагревании более 410° С переходят в пластичное состояние с последующим затвердеванием, на чем основано промышленное производство кокса. Различия в выходе летучих веществ и спекаемости каменных углей явились основой для подразделения их на промышленные марки.

В антрацитах содержание углерода превышает 92% (в суперантрацитах 96—98%), содержание кислорода 2—1,5%, водорода 1—2,5%, азота — менее 1%. Выход летучих веществ при термическом разложении ( $V^r$ ) не превышает 9%.

Сапропелиты подразделяются на собственно сапропелиты (богхеды), сапропелито-гумиты (кеннели, касьяниты) и гумито-сапропелиты (касьянит-богхеды, кеннель-богхеды и черемховиты). Слагают маломощные прослои среди гумусовых углей буроугольной, длиннопламенной и газовой стадий углефикации. Все типы сапропелитов характеризуются высоким выходом летучих веществ ( $V^r$ ) — 55—80%, высоким содержанием водорода 7—12%, при нагревании дают большое количество жидких и газообразных продуктов.

## § 11. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА УГЛЕЙ

Для решения вопросов о рациональном использовании углей в промышленности используются данные технического анализа и специальных технологических исследований, по результатам которых устанавливаются обогатимость углей, коксуемость, возможность использования их для получения монтанвоска, углещелочных реагентов и других назначений.

В технический анализ входят определение в углях влажности  $W$ , зольности  $A$ , выхода летучих веществ  $V$ , содержания серы; сюда же включается определение теплоты сгорания углей.

Для оценки пригодности использования углей в коксохимической промышленности изучается спекаемость и коксуемость углей. Возможность экстракционного производства (монтанвоска, углещелочных реагентов и др.) изучается групповым анализом.

Для получения сравнимых значений показателей качества углей непосредственные результаты анализов пересчитываются на различное состояние исследуемого вещества — сухую, горючую (сухую беззольную), органическую массу, рабочее топливо и др.

Для пересчета используются следующие основные формулы:

1) на сухую массу

$$X^c = X^a \frac{100}{100 - W^a};$$

2) на рабочее топливо

$$X^p = X^a \frac{100 - W^p}{100 - W^a};$$

3) на горючую массу:

а) при содержании  $\text{CO}_2$  менее 2%

$$X^r = X^a \frac{100}{100 - W^a - A^a};$$

(адсорбированной) влаги в анализе частично участвует и свободная (гравитационная) влага, содержащаяся в более крупных порах и трещинах.

Величины  $W^a$  и  $W_{вс}^a$  используются для пересчета результатов анализов по другим компонентам химического состава углей для различных состояний угольного вещества (воздушно-сухое, горючее, органическое и т. д.).

**Выход летучих веществ.** Весовой выход летучих веществ определяется как потеря массы (в %) аналитической пробы исследуемой разновидности угля при прокаливании при  $t = 850 \pm 10^\circ \text{C}$  за счет удаления из нее влаги и продуктов разложения органических и неорганических компонентов. Как указывалось выше, выход летучих веществ находится в тесной зависимости от вещественного состава углей и степени их метаморфизма, в связи с чем широко используются для приближенного установления природных типов углей, стадий их углефикации и марочной принадлежности. Влияние на выход летучих веществ особенностей петрографического состава, первичной восстановленности, окисленности углей, содержания и состава минеральных примесей накладывают известные ограничения для использования величин выхода летучих веществ в указанных целях. Для каменных углей, где выход летучих веществ является одним из классификационных показателей марочной принадлежности, он определяется на пробах с зольностью ( $A^c$ ) не выше 10%. Пробы с большей зольностью предварительно обогащаются. Для антрацитов в связи с неточностью и трудной воспроизводимостью результатов определения весового выхода летучих веществ, изменяющегося в пределах 9—1,5% на горючую массу, определяется объемный выход летучих веществ, значения которого изменяются в пределах 320—60 см<sup>3</sup>/г.

**Зольность** — выход негорючего остатка (зола) после выжигания в лабораторных условиях горючей части угля и удаления летучих соединений. Различают внутреннюю и внешнюю золу.

**Внутренняя зола** образуется за счет компонентов, химически связанных с органическим веществом угля, и минеральных примесей, находящихся в нем в тонкодисперсном состоянии. Количество внутренней золы в различных природных типах углей колеблется в широких пределах. В наиболее чистых разновидностях (легкие фракции, получаемые при обогащении, с плотностью 1,3 г/см<sup>3</sup>) зольность (в пересчете на сухое вещество), по данным Л. И. Улицкого, колеблется в пределах (%): для донецких углей 1,2—7,5, кузнецких 1,9—5,9, карагандинских 3,4—9,2, кизеловских 5,0—6,5. При тонкодисперсном включении минеральных примесей зольность достигает значительных величин с постепенным переходом углей в углистые породы.

**Внешняя зола** образуется за счет крупных минеральных включений и попадающих при добыче в уголь внутрипластовых породных прослоев, а также вмещающих пласт пород.

Величина зольности, состав и свойства золы зависят от количественного содержания в угле минеральных примесей и их состава. При сжигании минеральные вещества разлагаются, частично удаляются в виде летучих веществ (сернистых соединений, углекислоты, воды) или образуют другие химические соединения. На термическом преобразовании минеральных примесей отражаются также условия сжигания. Поэтому выход золы, ее состав и свойства, определяемые в лабораторных условиях, могут существенно отличаться от характеристики этих показателей, получаемых в промышленных установках.

Зольность углей (в пересчете на сухое топливо  $A^c$ ) является одним из основных показателей их промышленной ценности. Повышенная зольность снижает тепловой эффект от сжигания углей и удорожает (как балласт) стоимость их

перевозок. Поэтому величина ее нормируется для всех видов использования углей.

Наиболее высокий предел зольности установлен для пылевидного сжигания в стационарных котельных установках, где используются угли, отсева, штыбы, а также отходы обогащения (промпродукты и шламы) с зольностью ( $A^c$ ) 40—45% для бурых и каменных, 31,5% — для антрацитов. Предельная зольность углей различных бассейнов и месторождений, направляемых на слоевое сжигание, приведена в табл. 10. По всем разрабатываемым бассейнам и месторождениям ГОСТ установлены группировки углей по зольности. Особое значение эти группировки имеют для решения вопроса об использовании углей для коксования. В качестве примера в табл. 11 дана группировка углей основных угольных бассейнов Советского Союза, где разрабатываются такие угли.

Таблица 10  
Пределы зольности  $A^c$  углей, направляемых на слоевое сжигание

Бассейны	Марка угля	Предел зольности $A^c$ , %
Донецкий	Д—А	31,5
Львовско-Волынский	Д, Г	23,0
Подмосковный	Б2	37,0
Днепропетровский	Б1	25,0
Печорский	Д—Т	32,0
Кизеловский	Г, Ж	30,0
Челябинский	Б3	35,0
Карагандинский	КЖ, К, К <sub>2</sub> , ОС	33,0
Кузнецкий	Д—Т	20,0
Канско-Ачинский	Б2	14,0
Минусинский	Д—Г	30,0
Иркутский	Д—Г	33,0
Партизанский	Д—Т	33,0
Месторождения о. Сахалина	Д, Г, Ж	30,0

Таблица 11  
Группировка углей основных угольных бассейнов по зольности

Группа	Зольность $A^c$ углей бассейнов (от — до включительно)			
	Донецкого	Кузнецкого	Карагандинского	Печорского
1	До 8,0	До 7,0	До 16,0	До 12,5
2	8,1—10,0	7,1—8,0	16,0—20,0	12,6—16,0
3	10,1—12,5	8,1—10,0	20,0—25,0	16,1—20,0
4	12,6—16,0	10,1—12,5	25,0—30,0	20,1—25,0
5	16,1—20,0	12,6—16,0	30,0—38,0	25,1—32,0
6	20,1—25,0	16,1—20,0		
7	25,1—31,5	20,1—25,0		
8	31,6—37,5			

При коксовании содержащиеся в углях минеральные примеси переходят в кокс. А так как выход кокса обычно составляет 75—80% загруженной шихты, то зольность кокса всегда выше зольности исходного угля. Для удаления минеральных веществ из кокса в доменных печах требуется дополнительное введение флюсов для их оплакования, что приводит к увеличению расхода кокса

и уменьшению производительности печи, полезный объем которого заполняется дополнительным количеством кокса и флюсов.

По данным некоторых институтов, каждый лишний процент зольности кокса увеличивает его расход примерно на 2,5%, флюсов на 1,0—1,8% и понижает производительность печи на 2,4%.

Согласно требованиям ГОСТ непосредственно для коксования могут поставляться спекающиеся обогащенные угли: Донецкого бассейна с зольностью 7,5—8,8% и Кузнецкого — до 9,6% (углей марки Ж Чертинского месторождения — до 11,8%). Для обогащения перед коксованием поставляются угли Кузнецкого, Карагандинского и Печорского бассейнов с зольностью ( $A^c$ ) до 25%, Донецкого — 31—35%. В отдельных случаях с согласия потребителя допускается поставка углей с зольностью более указанных норм.

Важное значение имеет состав золы, отражающийся на технологии процессов сжигания углей и кокса, золоулавливания и золоудаления. Так, при повышенном содержании в золе кокса окислов железа, кальция и магния они частично выполняют функции руды и флюсов и снижают отрицательное влияние зольности на работу доменной печи. При сжигании углей в процессе термического воздействия зола проходит через три стадии физического состояния вещества, ограничиваемого температурами (в полувосстановительной газовой среде): начала деформации ( $t_1$ ), размягчения ( $t_2$ ) и перехода в жидкоплавкое состояние ( $t_3$ ). Различают легкоплавкую золу ( $t_3 < 1200^\circ\text{C}$ ), среднеплавкую ( $t_3 = 1200—1300^\circ\text{C}$ ) и тугоплавкую ( $t_3 = 1350—1500^\circ\text{C}$  и выше).

Плавкость золы зависит от соотношения тугоплавких ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$ ) и легкоплавких ( $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ) компонентов; чем выше это соотношение, тем труднее плавится зола. Избыточное содержание окислов кальция усложняет процесс мокрого улавливания золы и удаления ее. Наличие окислов натрия и калия приводит к разъеданию арматуры топок, котлов и шамотной кладки в доменных печах, замедляет процессы деструктивной гидрогенизации углей, окислы железа, марганца, олова и многие редкие металлы в последнем случае являются хорошими катализаторами.

Состав золы определяет возможность ее использования как сырья для получения строительных материалов и других назначений.

Реальным направлением является использование золы, отходов обогащения и шлаков с повышенным содержанием  $\text{CaO}$  в производстве строительных (вяжущих) материалов, перспективными направлениями — использование высокоглиноземных зол и отходов обогащения для производства алюминия, а также в качестве керамического и огнеупорного сырья. Содержащиеся в углях германий и галлий концентрируются в золе, и она при содержаниях, обеспечивающих экономическую эффективность переработки, становится сырьем для извлечения этих элементов. Угли некоторых месторождений содержат повышенные количества ванадия, молибдена, свинца, цинка и других элементов, извлечение которых на рациональной экономической основе является одним из перспективных направлений дальнейших исследований.

Следует также учитывать вредное воздействие на окружающую среду сернистых соединений и золовых уносов. Наличие в углях соединений высокотоксичных элементов ( $\text{Hg}$ ,  $\text{Se}$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{Be}$ ,  $\text{F}$ ) при концентрированном потреблении углей и повышенном содержании этих элементов может также создать серьезную опасность загрязнения окружающей среды.

Отрицательное влияние зольности на технологию современных процессов переработки, стоимость транспортировки и другие технико-экономические показатели использования углей определяют необходимость их обогащения.

Внутренняя зола при обогащении практически не удаляется, обогащение ведется в основном для удаления внешней золы.

**Обогащение углей.** Рядовой уголь, выдаваемый на поверхность из шахт или карьеров, представляет собой механическую смесь угля и породы.

Обработка рядового угля для повышения содержания в нем горючей массы удалением негорючих компонентов называется обогащением. Этот процесс не приводит к химическим изменениям угля; основой его является различие физических свойств органических и минеральных компонентов.

В результате обогащения получают два (концентрат и отходы) или три (концентрат, промежуточный продукт и отходы) продукта обогащения. Концентрат — продукт обогащения, в котором содержание горючей массы более высокое, чем в исходном питании — угле, поступающем на обогащение. Промежуточный продукт — смесь органо-минеральных сростков, а также частиц угля и породы, попавшей в него вследствие несовершенства разделения исходного питания. Отходы обогащения — продукт обогащения с содержанием негорючих компонентов более высоким, чем в исходном питании и промежуточном продукте.

Побочным продуктом обогащения является шлам — уголь крупностью  $< 0,5$  мм, образующийся в водах углеобогащительных фабрик.

Перед обогащением угли подвергаются предварительному дроблению и классификации — разделению на классы крупности. Уголь, выделенный из рядового угля и не подвергшийся обогащению, называется отсевом.

Для обогащения углей используются методы: гравитационный, флотация, электрический, магнитный, центробежный, химический.

**Гравитационное обогащение** основано на различии плотностей разделяемых компонентов. Плотность составных частей рядового каменного угля в среднем составляет ( $\text{г/см}^3$ ):

уголь	1,2—1,4
сростки угля с породой	1,4—1,6
углистый сланец	1,6—2,2
глинистый сланец	1,8—2,2
песчаник	2,2—2,6
пирит	4,8—5,2

Гравитационное обогащение осуществляется путем разделения обогащаемого угля на соответствующие продукты: в вертикальном пульсирующем потоке жидкости (отсадка), воздуха (пневматическое обогащение), в тяжелой среде — жидкости, растворе или суспензии плотностью более  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

**Флотация** угля производится в водной среде и основана на различии смачиваемости частиц, обработанных флотационными реагентами, всплывании и накоплении их на поверхности пульпы. При введении в пульпу воздуха накопление частиц на ее поверхности происходит в виде трехфазной пены (пенная флотация). Разновидностью этого способа является вакуумная флотация, при которой воздух, необходимый для осуществления процесса, выделяется из пульпы в результате перепада давления. При введении в пульпу масла флотлируемые частицы накапливаются на ее поверхности в виде крупных агрегатов (масляная флотация).

**Электрическое и магнитное обогащение** осуществляются соответственно в электрическом или магнитном поле и основано на различии электрических (магнитных) свойств разделяемых компонентов.

**Химическое обогащение** основано на удалении из угля негорючих компонентов химическими способами.

Дополнительными операциями при обогащении являются: обеспламливание, обеспыливание углей, осветление оборотной воды, обезвоживание и сушка, усреднение качества продуктов обогащения.

Основные показатели обогащения: обогатимость угля, глубина и предел его обогащения, выход продуктов обогащения, извлечение соответствующих фракций, потери пригодных к использованию компонентов с отходами обогащения, эффективность обогащения.

Под обогатимостью понимается способность угля разделяться на продукты обогащения по заданным показателям качества. Наиболее легко при обогащении удаляются внешняя порода и колчеданные включения. Минеральные примеси, связанные с углем в сростках и занимающие по плотности промежуточное положение между углем и породой, выделяются трудно; часть сростков с плотностью, близкой к плотности угля, попадает в концентрат, повышая зольность последнего; часть сростков с наибольшей плотностью уходит в отходы обогащения, что сопровождается потерями органической массы. Поэтому выход промпродукта в определенной мере характеризует обогатимость углей — увеличение его свидетельствует о более трудной обогатимости.

Для оценки обогатимости углей широкое распространение получил метод фракционного анализа. Фракционный анализ производится в соответствии с ГОСТ 4790—58 и заключается в расслоении пробы угля в тяжелых жидкостях на фракции и в химическом анализе этих фракций. Для фракционного анализа отбирают пробы соответствующей массы от классов, полученных

при производстве ситового анализа по ГОСТ 2093—59. Для расслоения на фракции применяют тяжелые жидкости (водный раствор хлористого цинка) плотностью 1,3; 1,4; 1,5; 1,6 и 1,8 г/см<sup>3</sup>. Фракционный анализ угля классов менее 1 мм производится методом центрифугирования. После подсушки отдельных фракций и определения их массы из них отбираются пробы для определения зольности, а в необходимых случаях — содержания серы.

Результаты анализа заносят в акт установленной формы, по ним строят кривые обогатимости угля. На левой оси ординат отмечают выход всплывших фракций, а на оси абсцисс — зольность фракций. На правой оси ординат отмечают выход утонувших фракций. По результатам фракционного анализа строятся кривые: концентрата β, хвостов θ и обогатимости λ.

Принципы построения кривых изложены в ГОСТ 4790—58. В качестве иллюстрации на рис. 40 приведены кривые обогатимости некоторых пластов донецких углей. Для легкообогащаемого угля кривая обогатимости характеризуется резким переходом вертикальной части в горизонтальную. Для средне- и труднообогащаемого угля эти кривые имеют более постепенные переходы.

Согласно ГОСТ 10100—62 степень обогатимости каменных углей (категория) условно устанавливается по суммарному выходу средних (промежуточных) фракций плотностью 1,4—1,8 г/см<sup>3</sup>, выраженному в процентах и отнесенному к беспородной массе с плотностью менее 1,8 г/см<sup>3</sup> (табл. 12).

Плотность сростков в антрацитах (1,4—1,6 г/см<sup>3</sup>) равна плотности чистой органической массы. Поэтому антрациты подвергаются только двухпродуктовому обогащению с получением концентрата плотностью 1,4—1,8 г/см<sup>3</sup> (в некоторых

случаях 1,9—2,0) и отходов. Зольность (A<sub>c</sub>) концентратов не должна, как правило, превышать 30%.

Достигнутый в настоящее время уровень техники и технологии обогащения позволяет эффективно обогащать угли с содержанием породы до 60%. Выбор технологического процесса обогащения определяется характеристикой рядового угля (ситового состава, обогатимости) и нормами качества, установленными для продуктов обогащения по крупности, влажности, зольности, сернистости и другим показателям. Концентрат, предназначенный для коксования, обычно выделяется при плотности разделения 1,4—1,5 г/см<sup>3</sup> с целью максимального снижения в коксовой шихте золы и серы и повышения коксующих свойств углей.

**Сернистость углей.** Содержание серы в угле обычно колеблется в пределах 0,1—6,0%, но иногда достигает значительной величины (например, в углях

Таблица 12

Категория обогатимости	Выход фракций плотностью 1,4—1,8 г/см <sup>3</sup> к беспородной массе исследуемого угля, %
I. Легкая	Менее 4
II. Средняя	4—10
III. Трудная	10—17
IV. Очень трудная	Более 17

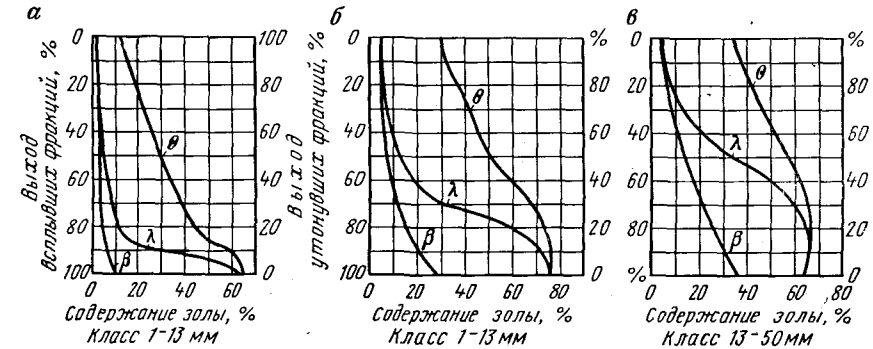


Рис. 40. Кривые обогатимости донецких углей. По А. М. Коткину и Я. М. Обуховскому:

а — легкообогащаемых; б — среднеобогащаемых; в — труднообогащаемых

Новометелкинского и Карандайского месторождений Иркутского бассейна содержание серы достигает 8—11%). Повышенной сернистостью обладают донецкие (до 3—5%), подмосковные и кизеловские (до 6%) угли.

По типу соединений сера в углях подразделяется на колчеданную (пиритную), сульфатную и органическую. Колчеданная сера представлена пиритом, который содержится в угле как в виде тонко распыленных в органическом веществе частиц, так и в виде крупных включений (желваков, друз, конкреций, почек и др.), тонких линз и слоев, чередующихся с угольными слоями, и распыленных включений по трещинам квиважа. Сульфатная сера связана в основном с гипсом; содержание ее в углях незначительно и колеблется от следов до 0,3%. Колчеданная и сульфатная сера объединяется в минеральную группу серы; содержание этих разновидностей в углях определяется непосредственными анализами. Разность между содержаниями общей и минеральной серы относится к органической сере, которую считают связанной с органическим веществом угля. Среднее содержание ее в углях колеблется для различных бассейнов от 0,4 до 0,5% на сухое вещество угля, обычно повышаясь в соответствии с увеличением в углях общего содержания серы. Формы соединений, в которых находится в углях органическая сера, окончательно не выяснены. Исследования Г. С. Калмыкова по изучению сернистости кизеловских углей показали, что значительная часть серы в углях представлена пиритом тончайшей дисперсности, приуроченным в основном к микрокомпонентам группы витринита и в мень-

шей мере связанным с фюзеном и спорами. Поэтому подразделение серы, содержащейся в углях, на колчеданную и органическую по результатам существующих методов определения является до известной степени условным. При более тонком дроблении анализируемой пробы повышается полнота химического извлечения серы из частиц дисперсного пирита и в угле определяется более высокое содержание колчеданной серы с соответствующим снижением содержания органической серы.

При сжигании угля органические и часть неорганических соединений (сульфиды) серы сгорают, сульфаты различных металлов частично разлагаются, частично остаются в золе. Количество негорючей серы в углях обычно не превышает 0,05—0,1%. Высокое содержание серы при сжигании углей создает загрязнение воздуха сернистыми газами; сернистые соединения также разъедают арматуру котлов.

При коксовании часть содержащихся в угле сернистых соединений (в основном за счет разложения пирита) переходит в паро- и газообразные продукты в виде сероводорода и органических сернистых соединений. Эту часть серы называют летучей. Остальная (нелетучая) часть серы переходит в кокс. Сульфидная сера, разложившаяся в процессе коксования, частично вновь связывается в органические соединения, которые также остаются в коксе. Для донецких углей количество нелетучей серы составляет 60—70% содержания серы в исходном угле; с возрастанием общего содержания серы более 2,5% количество летучей серы остается постоянным.

Содержащаяся в коксе сера при переходе в чугун образует сернистое железо в виде разбросанных включений, придающих металлу краснотомкость. При выплавке чугуна серу переводят в шлак, что ведет к дополнительному расходу флюсов, кокса и уменьшению производительности доменных печей и вагранок. По имеющимся расчетам, при повышении содержания в коксе серы на 0,1% расход флюсов увеличивается на 2%, кокса на 2%, а производительность доменной печи снижается также на 2%.

Для характеристики качества углей общее содержание серы указывают в пересчете на абсолютно сухое вещество угля  $S_{об}^c$ . При повышенном содержании серы определяется содержание разновидностей серы — колчеданной  $S_k$ , сульфатной  $S_c$  и органической  $S_{ор}$ .

При обогащении угля удаляется только колчеданная сера. На количество удаляемой серы влияет характер включений пирита — наибольшее удаление серы имеет место при относительно крупных его включениях, распространении его по трещинам кливажа и при чередовании прослоек его с угольными слоями. Чем глубже ведется обогащение угля, тем значительнее попутное удаление серы. Степень обогатимости углей по сере можно установить определением содержания серы в отдельных фракциях при рассмотрении результатов фракционного анализа.

Возможности значительного обогащения углей по сере в настоящее время очень ограничены. Наиболее эффективен метод центробежного обогащения, разработанный А. З. Юровским и др., который обеспечивает дополнительное (к механическому) снижение содержания серы на 0,8—1,0% с попутным уменьшением зольности на 2—3%, в промышленных масштабах еще не применяется. На действующих обогатительных фабриках удаляется до 15—20% серы, содержащейся в рядовом угле, что не решает проблемы резкого снижения сернистости кокса из таких углей, как донецкие. Возможность использования сернистых углей для коксования в основном решается шихтованием их с малосернистыми углями.

Содержание серы в углях Донецкого бассейна, идущих на коксование, регламентируется ГОСТ 537—73. Группировка донецких углей по содержанию серы приведена в табл. 13. Для коксования должны поставляться угли с содержанием серы до 3,5%, для обогащения — до 4,5%. С согласия потребителя могут поставляться угли с содержанием серы до 5%.

При энергетическом использовании углей с содержанием серы более 2% в атмосфере создаются недопустимые по санитарным нормам концентрации  $SO_2$ . Приведенная сернистость (содержание серы на 1000 ккал/кг низшей теплоты сгорания рабочего топлива) энергетических углей для электростанций средней мощностью, как правило, не должна превышать 1%, мощностью более 2 млн. кВт — 0,8%. Разработанные технологические схемы сероочистки дымовых газов (химическими методами) очень дороги и используются ограниченно. Основными мероприятиями при использовании высокосернистых углей для энергетических углей являются: рассредоточение их потребления по более мелким энергетическим предприятиям, поднятие высоты дымовых труб, создание защитных зон, шихтование с малосернистыми углями.

Содержание фосфора ( $P^c$ ) в углях обычно не превышает 0,5%. Донецкие угли в основном малофосфористы (до 0,01%) и лишь в отдельных районах западного и юго-западного Донбасса содержание фосфора достигает 0,09%. Содержание фосфора в углях пакета N Печорского бассейна также не превышает 0,01%, в углях верхневоркутской свиты повышается до 0,03% и более. Угли апляриксской и карагандинской свит Карагандинского бассейна малофосфористы (до 0,03%), долинской свиты повышено фосфористы (0,08—0,11%). Содержание фосфора в кузнецких углях колеблется от следов до 0,2%. Для энергетического использования наличие фосфора практического значения не имеет, в металлургическом производстве и для некоторых специальных видов использования углей фосфор является вредной примесью и содержание его лимитируется. Так, для получения специальных сортов металлургического кокса предельное содержание  $P^c$  в углях установлено в 0,012%, в антрацитах, направляемых для производства карбида кальция, — 0,05%.

Теплота сгорания углей является важнейшей характеристикой всех видов горючих ископаемых. Ее величина используется для сопоставления теплотехнических свойств углей различных месторождений между собой и с другими видами топлива, а также как классификационный показатель слабометаморфизованных углей в международной системе классификации и в группировках окисленных углей.

Определение теплоты сгорания согласно ГОСТ 147—64 производится замером количества тепла, выделяемого единицей массы топлива при полном сгорании в калориметрической бомбе в предусмотренных стандартом условиях постоянного объема; при этом образовавшийся водяной пар полностью конденсируется, а кислоты, образовавшиеся от окисления азота и серы, растворяются в воде.

Теплота сгорания по бомбе ( $Q_b$ ) за вычетом теплоты образования азотной и серной кислот называется высшей теплотой сгорания ( $Q_v$ ). При сжигании в топках водяной пар не конденсируется и уносит с собой теплоту парообразо-

Таблица 13  
Группировка углей  
Донецкого бассейна  
по содержанию серы

Группа	$S_{об}^c$ , %
1	До 1.50
2	1.55—1.90
3	1.95—2.35
4	2.40—3.00
5	3.05—3.75
6	3.80—4.50



вания, за вычетом которой получается значение низшей теплоты сгорания ( $Q_n$ ) топлива.

Значения теплоты сгорания могут быть рассчитаны на различные состояния вещества: сухую массу, сухую беззольную (горючую) массу и рабочее топливо. Для углей наибольшее практическое значение имеют значения теплоты сгорания, определенной по бомбе, в пересчете на горючую массу ( $Q_6^r$ ) и низшая теплота сгорания в пересчете на рабочее топливо ( $Q_n^p$ ).

Первый из указанных показателей используется для сравнительной характеристики углей различного генезиса и для контроля данных элементарного анализа, второй — характеризует исследуемый уголь как топливо, отражая количество тепла, которое может быть реализовано при сжигании его в топках.

Низшая теплота сгорания может быть рассчитана последовательным пересчетом величины  $Q_6^r$  через величины  $Q_b^a$ ,  $Q_n^a$  или из величины  $Q_6^r$  по формуле

$$Q_n^p = Q_6^r \frac{100 - W^p - A^p}{100} - Q_6^r \frac{100 - W^p - A^p}{100} \times \alpha - \beta S_6^a - 6(9H^p - W^p),$$

где  $\beta$  — коэффициент для расчета теплоты образования серной кислоты из двуокиси серы и растворения этой кислоты в воде, равный 22,5 ккал на 0,1 кг серы ( $S_6^a$ ), перешедшей при сжигании топлива в бомбе в серную кислоту; при содержании в угле общей серы ( $S_6^c$ ) менее 4% величина  $S_6^a$  приравнивается к величине  $S_6^c$ , при большем —  $S_6^a$  определяется аналитически по ГОСТ 8606—72;

$\alpha$  — коэффициент для расчета теплоты образования и растворения в воде азотной кислоты, равный 0,001 для тощих углей и антрацитов и 0,0015 для других углей;

$W$ ,  $A$ ,  $H$  — средние значения влажности, зольности и содержания водорода в исследуемом угле.

Для сравнения теплового эффекта от сжигания различных видов горючих ископаемых используется понятие об условном топливе. За условное принимается топливо с низшей теплотой сгорания 7000 ккал/кг. Пересчет натурального топлива в условное производится умножением его массы на калорийный эквивалент  $\mathcal{E}_k$  — отношение низшей теплоты его сгорания ( $Q_n^p$ ) к теплоте сгорания условного топлива.

В табл. 14 приведена характеристика различных видов топлив по их теплоте сгорания.

Для сравнения потребительской ценности топлив применяется технический эквивалент  $\mathcal{E}_n$  с введением в расчетную величину калорийного эквивалента  $\mathcal{E}_k$  дополнительно величины коэффициента полезного действия использования данного топлива.

**Спекаемость** — способность измельченного угля при нагревании до определенной температуры без доступа воздуха переходить в пластическое состояние и образовывать пористый монолит — кокс.

Ориентировочная оценка спекаемости может быть дана по характеру нелетучего остатка, полученного по тигельной пробе при определении выхода летучих веществ (ГОСТ 6382—75).

По внешнему виду и прочности нелетучие остатки (корольки) классифицируются следующим образом:

а) порошкообразный;

Характеристика видов топлива по теплоте их сгорания  
(по В. С. Веселовскому, 1963)

Вид топлива	W <sup>p</sup> , %	A <sup>c</sup> , %	Q <sub>6</sub> <sup>r</sup> , ккал/кг	Q <sub>n</sub> <sup>p</sup> , ккал/кг	Эквивалент для пересчета в условное топливо
Дрова	30	1,0	4850	2950	0,43
Торф	40	8,5	5650	2680	0,40
Кукерсит	15	46,5	8100	2560	0,35
Угли бурые (подмосковные)	32	27	6750	2980	0,47
Угли каменные (донецкие)					
марки Д	13	11	7800	5640	0,80
Г	6	11	8100	6430	0,92
Ж	3,2	11	8470	6940	1,0
К	3,5	10,7	8590	7120	1,0
Т	3,4	8,5	8620	7350	1,05
Антрациты	5,5	9,7	8220	6820	0,97
Моторное топливо	1,3			9970	1,50
Мазут	3,0			9740	1,40

б) слипшийся — при легком нажиме пальцем рассыпается в порошок;

в) слабо спекшийся — при легком нажиме пальцем раскалывается на отдельные кусочки;

г) спекшийся, не сплавленный — для раскалывания на отдельные кусочки необходимо приложить усилие;

д) сплавленный, не вспученный — плоская лепешка с серебристым металлическим блеском поверхности;

е) сплавленный вспученный — вспученный нелетучий остаток высотой менее 15 мм с серебристым металлическим блеском поверхности;

ж) сплавленный сильно вспученный — вспученный нелетучий остаток высотой более 15 мм с серебристым металлическим блеском поверхности.

Бурые угли и антрациты дают неспекшийся порошкообразный нелетучий остаток; у длиннопламенных и тощих углей характер нелетучего остатка изменяется в зависимости от вещественного состава и степени углефикации от порошкообразного до слабоспекшегося (а, б, в), спекшиеся и сплавленные корольки характеризуют спекающиеся каменные угли от газовых до отощенноспекающихся.

В СССР основным для определения спекающих свойств каменных углей является пластометрический метод, предложенный в 1932 г. Л. М. Сапожниковым и Л. П. Базилиевым. Этот метод получил широкое распространение, так как во многих случаях дает совпадающие с промышленным опытом показатели качества кокса. Пластометрические исследования осуществляются в специальном аппарате, в котором все явления, сопровождающие спекание и коксообразование, изучаются по их суммарному эффекту. Изменение объема угля при опыте регистрируется кривыми, а перемещение верхней и нижней границ пластического слоя систематически измеряется и вычерчивается на графике.

По полученным пластометрическим кривым определяют два основных параметра — толщину пластического слоя  $y$  и усадку  $x$ , выражаемые в миллиметрах. Толщина пластического слоя характеризует спекающую способность

угля, а усадка и форма пластометрической кривой (рис. 41) дают дополнительные представления о свойствах углей в процессе коксования.

Другими методами спекаемость определяют по количеству оставшегося неспекшегося остатка. Полученные числа называют индексами спекаемости. Наибольшее распространение в практике получило определение

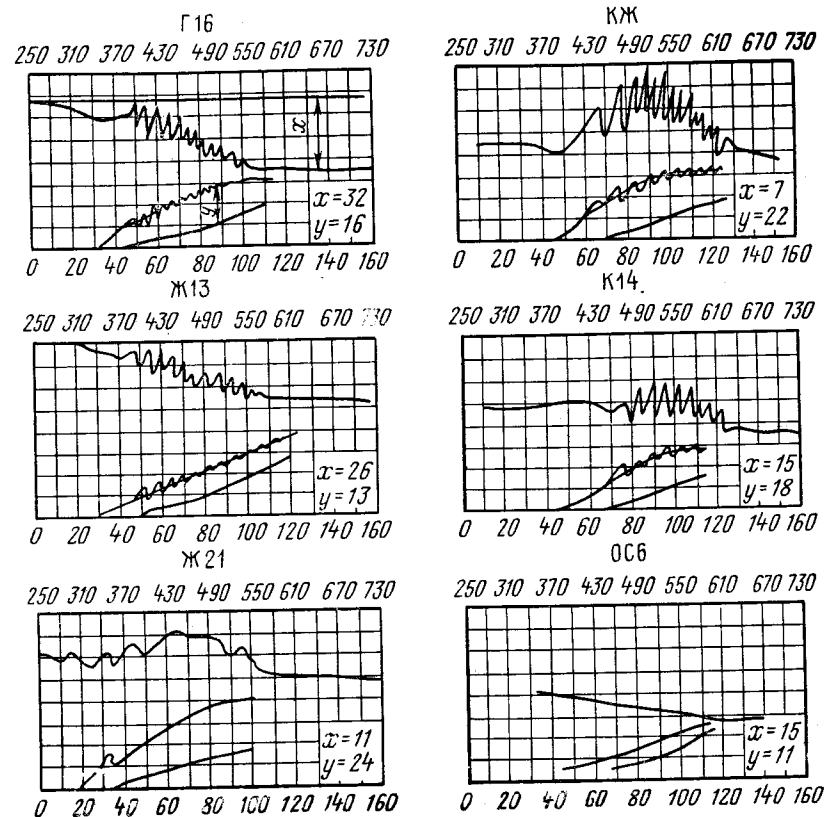


Рис. 41. Формы пластометрических кривых и средние значения величины усадки  $x$  и толщины пластического слоя  $y$  донецких углей различных технологических групп. По А. М. Коткину и Я. М. Обуховскому. Деление шкалы 10 мм

индекса спекаемости по методу Рога (ГОСТ 9318—70). Спекающая способность устанавливается этим методом по механической прочности тигельного кокса, полученного карбонизацией смеси из 1 г испытуемого угля и 5 г антрацита определенного качества (с зольностью менее 4% и выходом летучих веществ от 4 до 5% на сухую беззольную массу). Карбонизация проводится в тигле под нагрузкой при температуре 850° С. Полученный кокс испытывается на истирание в барабане Рога. Индекс Рога ( $RI$ ) подсчитывается по формуле

$$RI = \frac{100}{3Q} \left( \frac{a+d}{2} + b+c \right),$$

где  $Q$  — масса всего кокса, полученного в тигле, г;  
 $a$  — масса частиц кокса размером более 1 мм, полученных просеиванием до начала испытания на истирание, г;  
 $b, c, d$  — масса частиц кокса размером более 1 мм, полученных повторными просеиваниями соответственно после первого, второго и третьего периодов истирания в барабане, г.

Углям марок Ж и К ( $c y > 20$  мм) соответствуют индексы Рога со значениями более 45, газовым и отощенно спекающимся — 20—45, длиннопламенным, тощим и слабоспекающимся — 5—20, полуантрацитам и антрацитам — нулевые и близкие к нулю значения. Метод Рога дает хорошие результаты для подразделения и оценки спекаемости слабо и сильно метаморфизованных (Д, Г, ОС, Т) углей.

ГОСТ 2013—49 установлен ускоренный метод определения спекающей способности (ИГИ АН СССР). Спекающая способность определяется по степени размягчения угля при нагревании смеси испытуемого угля с песком при установленном температурном режиме. При исследованиях донецких углей по этому методу наибольшей величиной спекаемости (20—30) обладают газовые и жирные угли, наименьшей (9—13) отощенные спекающиеся; коксовые угли показывают средние оптимальные величины (14—19). Этот метод имеет ограниченное применение.

Спекаемость свойственна каменным углям определенного петрографического состава (см. § 7). Поскольку носителями спекаемости являются микрокомпоненты групп витринита и лейптинита, основную массу коксующихся углей составляют клареновые и дюрено-клареновые угли и в меньшей степени обогащенные компонентами указанных групп кларено-дюреновые и дюреновые разновидности. Фюзено-ксиленовые угли на всех стадиях метаморфизма характеризуются почти полным отсутствием спекающих свойств.

Угольные пласты сложного петрографического состава можно рассматривать как своеобразную естественную шихту. Так, в угольных пластах Кузнецкого бассейна соотношение плавких компонентов — витринита и лейптинита и неплавких (отощающих) компонентов — группы фюзинита и большей части (2/3) группы семивитринита имеет большие колебания (плавких в диапазоне 95—35%, неплавких 5—65%). Колебания этих соотношений резко сказываются на спекающих свойствах углей различных пластов одного и того же месторождения.

Более восстановленные одноименные петрографические компоненты (и следовательно, угли пластов с аналогичным вещественным составом) при одинаковой степени их метаморфизма обладают повышенной спекаемостью. В качестве примера в табл. 15 приведены данные о спекаемости жирных кузнецких углей с различной степенью восстановленности.

Таблица 15  
Влияние восстановленности углей на их спекаемость  
(по И. В. Еремину, 1963)

Тип угля	Толщина пластического слоя (мм) при содержании витринита			
	80—100%	65—75%	56—65%	40—55%
Более восстановленный	38 и более	29	19	10
Менее восстановленный	Около 35	25	6	8

**Коксующесть углей.** Пригодность углей для использования в коксохимическом производстве определяется прямым и косвенным методами.

Прямым методом является опытное коксование пробы испытуемого угля или шихты с его участием с последующим изучением физико-механических свойств кокса. Коксование производится: в лабораторных установках на пробах массой 2—30 кг, в полупромышленных печах на пробах в 200 кг, в металлических ящиках, вмещающих 50 кг угля (шихты), помещаемых для коксования в промышленную печь, и в промышленных условиях с отдельным отбором проб кокса для испытаний его качества.

Косвенными методами коксующесть определяется по результатам лабораторного изучения петрографического состава, пластометрических и других показателей качества угля, позволяющим прогнозировать его коксующесть.

На разрабатываемых месторождениях широко используется метод аналогии путем использования данных лабораторного изучения качества углей с опытом промышленного использования соответствующих угольных пластов в коксохимической промышленности. В последние годы предложены методы прогноза коксующесть углей на основе петрографических исследований (И. И. Аммосов, И. В. Еремия, 1963 г); ускоренного определения выхода продуктов полукоксования (ГОСТ 3168—66). Опытным-промышленным коксованием показана хорошая сходимость фактически полученной механической прочности кокса с расчетными (по указанным методам) показателями.

**Обработка углей химическими реагентами.** Методами группового анализа при воздействии на органическое вещество угля органических растворителей и щелочей могут быть выделены битумы и гуминовые кислоты.

В состав битумов входят продукты превращения воска и смол растений. Каменные угли содержат не более 1% битумов, в бурых углях содержание битумов колеблется от 2 (Подмосковный бассейн) до более 10% (Днепропетровский бассейн). Экстрагирование битумов из бурых углей производится бензолом или четыреххлористым углеродом. Последующим селективным растворением из битумного экстракта выделяются — две основные группы — углеводороды и смолистые вещества и ряд подгрупп. Наиболее ценной является восковая часть битумов (монтан-воск), состоящая из сложных эфиров, некоторого количества кислот жирного ряда и углеводородов.

**Гуминовые кислоты** (высокомолекулярные активные органические соединения) — продукт изменения лигнина, клетчатки и других веществ, входивших в состав растений-углеобразователей. Они содержатся в бурых и окисленных каменных углях. Используются для борьбы с накипью в котлах и в качестве удобрения. Выход гуминовых кислот определяется по результатам щелочной экстракции.

В результате хлорирования углей получают хлористые соединения углерода ( $CCl_4$ ,  $C_2Cl_6$ ,  $C_6Cl_6$ ), применяемые в качестве технических растворителей и для органического синтеза. При фторировании углей получают специальные смазочные масла, вещества для холодильных установок (фреон) и для производства пластических масс.

**Марочный состав углей.** Основой нормирования качества углей для различных направлений их потребления является прежде всего группировка по марочному составу. В практически сложившемся понятии «марка угля» — условном названии или буквенном обозначении разновидности угля отражен комплекс определенных технологических ее свойств, обуславливающих направление возможного промышленного использования. Марки угля устанавливаются для углей и продуктов их обогащения.

Бурые угли (марка Б) в СССР подразделяются на три технологические группы: Б1 с рабочей влажностью ( $W^p$ ) более 40%, Б2 — 30—40% и Б3 — менее 30%. Каменные угли в СССР по весовому выходу летучих веществ ( $V^r$ ) и спекаемости, выраженной характеристикой нелетучего остатка, а при спекшемся остатке — толщиной пластического слоя ( $y$ ), подразделены на десять марок: длиннопламенные (Д), газовые (Г), газовые жирные (ГЖ), жирные (Ж), коксовые жирные (КЖ), коксовые (К), коксовые вторые (К<sub>2</sub>), отощенные спекающиеся (ОС), слабоспекающиеся (СС) и тощие (Т). Предельные значения классификационных показателей марочного подразделения углей различных угольных бассейнов и месторождений имеют некоторые отличия, определившиеся особенностями их вещественного состава и технологических свойств. Угли марок Г, Ж, КЖ, К, ОС и СС дополнительно подразделяются на технологические группы (например, Г6, Г11, Ж17, Ж21 в Донбассе); цифра у буквенного обозначения указывает минимально допустимую величину толщины пластического слоя для углей данной группы. В качестве примера в табл. 16 приведены классификации каменных углей основных разрабатываемых угольных бассейнов Советского Союза.

Следует отметить недопустимость отождествления марок угля со степенью метаморфизма (углефикации), допускаемую в некоторых работах по угольной геологии. Как отмечалось выше, особенности вещественного состава углей (содержание и характер минеральных примесей, петрографический состав органического вещества), восстановленность углей резко сказываются на выходе летучих веществ и спекаемости. Промышленная маркировка углей, производимая с целью систематизации разнообразных их типов применительно к условиям потребления, основывается на технологических свойствах, на которых сказываются в совокупности как степень метаморфизма, так и вещественный состав. С учетом принятых классификационных показателей изометаморфные угли с различным петрографическим составом органической массы могут быть отнесены к различным промышленным маркам (табл. 17).

К антрацитам (марка А) в Донецком бассейне отнесены угли с выходом летучих веществ  $V^r$  менее 8%.

Подразделение ископаемых углей на бурые, каменные и антрациты принято в большинстве европейских стран, в некоторых — с выделением дополнительно лигнитов — наиболее слабо углефицированных бурых углей. В принятой в 1956 г. Европейской экономической комиссией ООН Международной классификации каменных углей они по выходу летучих веществ (при его значениях менее 33%) или по высшей теплоте сгорания влажной беззольной массы (при выходе летучих веществ более 33%) подразделены на 9 классов.

Классы углей подразделены на четыре группы в зависимости от спекающей способности, которая характеризует поведение угля в процессе его быстрого нагревания без доступа воздуха. Спекающая способность может быть выражена либо индексом вспучивания в тигле, либо индексом Рога. Группы подразделяются на шесть подгрупп в зависимости от коксующей способности угля, которая характеризует его поведение в процессе медленного нагревания. Коксующая способность может выражаться либо показателем максимального вспучивания, либо типом кокса по системе Грей-Кинга.

Тип угля обозначается номером по коду, состоящему из трех цифр, из которых первая обозначает номер класса, вторая — номер группы, третья — номер подгруппы.

Проведенные Н. М. Двужильной (1959 г.) исследования донецких углей по методике, предусмотренной Международной классификацией, дали

Классификация каменных углей основ

Марка угля	Донецкий			Кузнецкий		
	Группа	V <sup>r</sup> , %	y, мм	Группа	V <sup>r</sup> , %	y, мм
Д		35 и более	Менее 6		Более 37	
Г	Г6 Г11	35 и более	6—10 11—25	Г6 Г17	Более 37	6—16 17—25
ГЖ	ГЖ6 ГЖ11	27—менее 35	6—10 11—16		31—37	6—25
Ж	Ж17 Ж21	27—менее 35	17—20 21 и более	1Ж26 2Ж26	Более 33 33 и менее	26 и более
КЖ				КЖ14 КЖ6	25—31 Более 25—31	14—25 6—13
К	К21 К14	18—27	21 и более 14—20	К13 К10	Менее 25 17—25	13—25 10—12
К <sub>2</sub>					17—25	6—9
ОС	ОС6 ОС	14—22	6—13 Менее 6		Менее 17	6—9
СС				1СС 2СС	Более 25—37 17—25	
Т		8—17	RI менее 13		Менее 17	

ных разрабатываемых угольных бассейнов

Карагандинский		Печорский			Характеристика нелетучего остатка
V <sup>r</sup> , %	y, мм	Группа	V <sup>r</sup> , %	y, мм	
			37 и более		Порошкообразный, слипшийся, слабоспекшийся
Более 33	6—24	Г10 Г6	37 и более 35 и более	10 и более 6—9	
23 и более	25 и более	Ж18 Ж10	27—37	18 и более 10—17	
33 и менее	19—24				
33 и менее	12—18		Менее 27	14 и более	
22—33	6—11				
Менее 22	6—11		Менее 27	6—13	
					Порошкообразный, слипшийся, слабоспекшийся
			Менее 17		
					То же

Таблица 17

Сопоставление марок и стадий метаморфизма углей Кузбасса, различных по петрографическому составу (по И. И. Аммосову, 1963 г.)

Пласт	Стадия метаморфизма	Содержание компонентов группы фюзинита	A <sup>c</sup> , %	V <sup>r</sup> , %	y, мм	Марка угля
Полкапитинский	III <sub>3</sub>	13	10	31	34	Ж
VI Внутренний	III <sub>3</sub>	24	24	31	20	K <sub>1</sub>
III Внутренний	III <sub>3</sub>	32	10	25	16	K
Третий	III <sub>3</sub>	40	15	26	14	K <sub>1</sub> -K <sub>2</sub>
Лугунинский	III <sub>3</sub>	40	4	25	15	K <sub>2</sub>
Безымянный	III <sub>3</sub>	44	16	25	8	СС

Таблица 18

Сопоставление маркировки донецких углей с кодировкой международной классификации

По ГОСТ 8180-59		Номер по коду	По ГОСТ 8180-59		Номер по коду		
Марка	Группа		Марка	Группа			
Д	—	800, 811	K	KЖ	434, 435		
	Г6	811, 711, 721, 722, 621 622, 632, 633			OC	OC6	333, 433, 434 322, 332, 432
Ж	Г16	633, 634, 635	T	—	311		
	Ж13	533, 534, 633			—	—	100B, 200, 300
	Ж21	435, 535, 635			ПА	—	100B
			A	—	100A		

Таблица 19

Сопоставление маркировки кузнецких и карагандинских углей с кодировкой международной классификации

Месторождение	Марка угля	Группа	Номера по коду международной классификации, определенные различными лабораториями
<b>Кузнецкий бассейн</b>			
Ленинское	Д	—	700, 701, 800, 801, 811
»	Г	Г17	634
Беловское	Ж	ГЖ26	635
Осинниковское	Ж	2Ж26	535 (в одном случае 635)
Прокопьевское	КЖ	КЖ6	431, 433, 523
»	КЖ	КЖ14	321, 331, 412
»	K	K13	434
»	СС	2СС	321, 412, 421, 431, 432
<b>Карагандинский бассейн</b>			
Промучасток	Ж	—	535 (в одном случае 635)
»	K	—	533, 623, 633
»	OC	—	410, 411, 421

90

Таблица 20

Классификация углей США

Класс	Группа	Классификационные параметры		Соответствующие марки углей в СССР	Антрациты Тощие угли	Каменные угли от ОС до Г	Длиннопла- менные угли	Бурые угли
		Выход летучих веществ V <sup>r</sup> , %	Теплота сгорания беззольная Q <sub>в</sub> , ккал/кг					
I. Антрациты	1. Метаантрацит 2. Антрацит 3. Семидантрацит	Связанный углерод C <sub>г</sub> , %	от—до	Спекаемость	Не спекаются	Обычно спекаются	Не спекаются	Не спекаются
		от—до	от—до					
II. Битуминозные угли	1. С низким выходом летучих 2. Со средним выходом летучих 3. С высоким выходом летучих А 4. С высоким выходом летучих В 5. С высоким выходом летучих С	Выход летучих веществ V <sup>r</sup> , %	от—до	Не спекаются	Не спекаются	Обычно спекаются	Не спекаются	Не спекаются
		от—до	от—до					
III. Суббитуминозные угли	1. А 2. В 3. С	Связанный углерод C <sub>г</sub> , %	от—до	Не спекаются	Не спекаются	Обычно спекаются	Не спекаются	Не спекаются
		от—до	от—до					
IV. Лигниты	1. А 2. В	Связанный углерод C <sub>г</sub> , %	от—до	Не спекаются	Не спекаются	Обычно спекаются	Не спекаются	Не спекаются
		от—до	от—до					

91

следующую кодировку для различных марок углей Донбасса (табл. 18). По данным А. И. Козко и Л. Н. Коноваловой (1959 г.), результаты исследований типичных образцов углей различных марок Кузнецкого и Карагандинского бассейнов, проведенных методами Международной классификации в лабораториях СССР, Венгрии, ГДР, Польши, Румынии и Чехословакии, показали относительно хорошее совпадение кодовых чисел для углей с высокой спекаемостью и меньшую сходимости результатов для углей слабоспекающихся и со средней степенью спекаемости (табл. 19).

В США и некоторых странах ископаемые угли подразделяются на классы: лигниты, суббитуминозные, битуминозные угли и антрациты. Классификационные параметры этого подразделения и сопоставление классификации углей США с маркировкой угля, принятой в СССР, приведены в табл. 20.

## § 12. ПРОМЫШЛЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕЙ

**Использование углей в энергетических целях.** Наиболее распространенным видом промышленного использования углей является сжигание их в топках различных энергетических установок.

Для сжигания в энергетических целях могут быть использованы угли всех марок (в том числе и окисленные). Основным показателем теплотехнических свойств угля является низшая теплота сгорания рабочего топлива  $Q_{н}^p$ . Этот показатель зависит от величины теплоты сгорания горючей массы угля, зольности и влажности рабочего топлива и колеблется в широких пределах, примерно от 1900 до 7500 ккал/кг.

Наибольшей теплотой сгорания горючей массы угля обладают угли марок Ж, К и ОС. Однако сжигание углей этих марок как топлива нецелесообразно в связи с ограниченностью их ресурсов и возможностью более рационального использования в качестве ценного сырья для коксохимической промышленности. Только для судов морского и речного флота стандартами предусмотрено использование углей указанных марок с толщиной пластического слоя  $u$  не более 16 мм и размером кусков не менее 13 мм.

Основная масса углей сжигается в кусковом виде или в пылевидном состоянии. При использовании кускового угля рядовой уголь, выдаваемый из шахт и карьеров, предварительно сортируется по крупности, крупные куски дробятся до необходимого размера. Государственными стандартами предусмотрено подразделение энергетических углей на классы в зависимости от размера кусков (табл. 21).

Для бурых углей классы семечко и штыб объединены (СП); также допускается объединение классов орех с мелким (ОМ), мелкого с семечком и штыбом (МСШ).

Таблица 21

Классификация углей по крупности кусков

Класс	Размер кусков, мм	Условное обозначение класса	Класс	Размер кусков, мм	Условное обозначение класса
Плитный	Более 100	П	Семечко	6—13	С
Крупный	50—100	К	Штыб	Менее 6	Ш
Орех	25—50	О	Рядовой	Не ограничен	Р
Мелкий	13—25	М			

Для сжигания в паровозных и стационарных слоевых топках, в цементных и известковых печах, обжига кирпича и для коммунальных нужд используются неспекающиеся и слабоспекающиеся угли с ограниченным содержанием мелочи (0—6 мм), а также брикеты.

Установленные ГОСТ нормативы по зольности углей, направляемых на слоевое сжигание, по различным бассейнам и месторождениям приведены в табл. 10.

Для пылевидного сжигания в стационарных котельных установках употребляются бурые и многозольные каменные угли, а также (отсевы, штыбы) и отходы обогащения (промпродукты и шлам). При недостаточности этих ресурсов используются каменные угли и антрациты хорошего качества.

Перед сжиганием угля в пылевидном состоянии его подвергают тонкому размолу и подсушиванию. Сжигание пылевидного топлива дает высокий экономический эффект и позволяет использовать многозольные разности и угольную мелочь, не пригодную для сжигания в слоевых топках.

В целом для решения вопросов, связанных с энергетическим использованием углей, должны быть определены: естественная и гигроскопическая влажность, зольность, выход летучих веществ, ситовый состав и низшая теплота сгорания в пересчете на рабочее топливо, состав и плавкость золы. При использовании для сжигания промпродуктов и отсевов, получаемых в процессе обогащения углей, направляемых на коксование, должна быть получена аналогичная характеристика и для этих видов топлива.

Для конкретных видов энергетического использования и для углей с особенностями качественной характеристики должны быть получены дополнительные показатели. Так, для слоевого сжигания необходимо изучение механической прочности и термической стойкости углей, для пылевидного сжигания — размоловоспособность их, для рыхлых углей — возможность брикетирования, для многозольных — обогатимость.

**Коксование углей** является вторым основным направлением промышленного использования углей.

В результате термического разложения углей, производимого при высокой температуре (более 800° С) без доступа воздуха, получается ценное металлургическое топливо — кокс, химические продукты, ассортимент которых достигает нескольких десятков, и высококалорийный коксовый газ. Из 1 т сухой шихты получается 75—85% кокса, до 3—4% смолы, до 1,0—1,2% сырого бензола, до 0,3—0,4% аммиака и 300—320 м<sup>3</sup> коксового газа.

Основная масса кокса используется в черной металлургии для выплавки чугуна (доменный кокс), некоторая часть — в вагранках для выплавки металла (литейный кокс), в цветной металлургии, в химической и других отраслях промышленности. В зависимости от направления использования к коксу предъявляются определенные требования по химическому составу и физико-механическим свойствам.

Основными показателями химического состава кокса являются содержание влаги, серы, фосфора, зольность и выход летучих веществ, иногда состав золы и ее плавкость. По действующим стандартам содержание золы в доменном коксе не должно превышать 10% (в литейном коксе 9%), содержание влаги также лимитируется. Литейный кокс должен содержать не более 1,2—1,3% серы, а при ответственном литье 0,5—0,8%. В доменном коксе содержание серы не должно превышать 2,5—3,5%. В коксе для цветной металлургии допускается высокое содержание серы. Содержание фосфора в коксе имеет большое значение для выплавки специальных сортов чугуна, где оно не должно превышать 0,1% (а для

специальных сортов не более 0,01%). При плавке высокофосфористых руд содержание фосфора в коксе не лимитируется.

Кокс, используемый для газификации в газогенераторах, должен обладать высокой реакционной способностью; во избежание ошлакования решеток зола должна быть тугоплавкой.

Физико-механические свойства кокса определяются его ситовым составом, механической прочностью, термической стойкостью, формой, цветом, размером кусков, степенью и характером трещиноватости. Основными из этих показателей являются ситовый состав и прочность кокса. Кокс, выданный из печей, проходит сортировку на три класса: мелочь крупностью 0—15 мм, орешек (15—25 мм) и металлургический кокс (выше 25 мм). Содержание мелочи в доменном коксе лимитируется ГОСТ; предел этого содержания 4%. Механическая прочность кокса оценивается по противодействию дроблению и истиранию. Дробимость кокса определяется методом повторного сбрасывания по индексу сбрасывания — остатку на сите в процентах к первоначально взятому для испытания количеству. Истираемость кокса определяется по величине остатка от пробы массой 410 кг после вращения ее в барабане Сундгрена. Для каждого коксохимического завода устанавливаются средние и предельные браковочные нормы по величине механической прочности. Величина остатка на барабане для доменного кокса должна быть не менее 280 кг, для мощных доменных печей 310 кг и выше. Литейный кокс должен быть возможно более крупным, но механическая прочность его может быть не такой высокой, как доменного кокса.

Кокс, не пригодный для использования в металлургии и литейном деле из-за пониженной механической прочности или повышенного содержания золы и серы, используется как высокосортное энергетическое топливо.

Требования промышленности к качеству угля, идущего на коксование, определяются в основном необходимостью обеспечить определенные химический состав и механические свойства кокса.

Для получения металлургического кокса пригодны неокисленные каменные угли, обладающие способностью спекаться и образовывать при заданных условиях подготовки и нагревания самостоятельно или в смеси с другими углями прочный пористый кокс определенной твердости, кусковатости и химического состава.

Наиболее высокая механическая прочность и равномерная кусковатость кокса получаются при коксовании углей марки К. Однако лишь немногие угли даже марки К пригодны для коксования без добавок других углей. Угли этой марки не дают достаточной усадки коксового «пирога», выход химических продуктов из них ниже, чем из газовых и жирных углей. Обычно для коксования составляется угольная шихта из «жирных» — сильно размягчающихся и «отоженных» — слабоспекающихся углей.

Угли марки Ж, обладающие наиболее высокой плавкостью (с  $y > 35$  и  $RI$  65—80) обеспечивают хорошую спекаемость кокса, дают высокий выход химических продуктов, но способствуют проявлению в нем поперечной трещиноватости. Угли марки ОС при коксовании в смеси с жирными углями способствуют укрупнению кусков кокса и уменьшению его трещиноватости. Но выход химических продуктов из них очень низкий. Применение этих углей в избыточном количестве может вызвать плохую оплавленность, замусоренность и глыбообразную структуру кокса. При рациональном подборе шихты угли марок Ж, К, ОС дают кокс высокого качества и являются основными компонентами коксовых шихт. Так, в коксовых шихтах из донецких углей содержание углей

марки К колеблется в пределах 15—25%, марки Ж — 30—50%, марки ОС — 15—20%.

В связи с ограниченными ресурсами этих углей, а также с учетом возрастающих потребностей химической промышленности в побочных продуктах коксования в настоящее время в коксовой шихте используются донецкие, кузнецкие и кизеловские угли марки Г и частично марок Д, Т (в Донбассе) и СС (в Кузбассе). Использование для коксования углей некоторых марок ограничивается показателями их спекаемости. Так, донецкие и кизеловские угли технологической группы Г6 могут поставляться для коксования при толщине пластического слоя ( $y$ ) не менее 8 мм, кузнецкие угли групп ГЖ и Г6 — не менее 13 мм, КЖ6 — не менее 10 мм. С согласия потребителя допускается поставка на коксование кузнецких углей группы Г6 с  $y$  9—12 мм и К<sub>2</sub>, ОС — менее 6 мм.

Введение в шихту газовых и длиннопламенных углей значительно увеличивает выход химических продуктов коксования — бензолных углеводородов и смолы и облегчает выдачу кокса из печных камер вследствие повышенной усадки коксового «пирога». Однако избыточное содержание в шихте газовых и особенно длиннопламенных углей вызывает появление продольной трещиноватости, делающей кокс хрупким и ломким. Содержание газовых углей в шихте в настоящее время достигает 25%; доля участия зависит от свойств основной шихты, качества газовых углей, условий коксования и требований, предъявляемых к качеству кокса и выходу химических продуктов и газа. В перспективе намечается повышение доли участия газовых углей в коксовой шихте до 35%.

Шихтование при коксовании хорошо и слабоспекающихся углей позволяет более полно использовать природные ресурсы. Подбор состава шихты для каждого коксохимического завода является сложной операцией, требующей проведения специальных исследований и учета технологических и технических особенностей завода, а также качества углей, намеченных для использования в процессе коксования. Особо важное значение имеет постоянство состава шихты с учетом качества углей, входящих в нее как компоненты.

**Полукоксование** — низкотемпературная перегонка без доступа воздуха. При нагревании угля до 500—550° С уголь разлагается с образованием твердого остатка — полукокса и летучих веществ, часть которых конденсируется в смолу и подсмольную или надсмольную воду (в зависимости от соотношения удельных весов смолы и воды).

Полукоксы используются как облагороженное (бездымное) топливо и как добавка в коксовую шихту. Из смолы путем разгонки получают бензин, керосин, дизельное топливо и некоторые вещества для органического синтеза. Остаток от разгонки — пек — употребляется для дорожных покрытий. В подсмольной (или надсмольной) воде концентрируются аммиак и его производные, цианистые соединения, ацетон, уксусная кислота и другие продукты. Газ состоит в основном из метана (55—70%) и водорода (10—20%); теплота сгорания его 6500—8000 ккал/м<sup>3</sup>. При полукоксовании бурых углей в газе содержится также значительное количество углекислоты, за счет чего теплота сгорания снижается до 3500—4500 ккал/м<sup>3</sup>. При полукоксовании сухого каменного угля марки Д образуется 70—75% полукокса, 8—10% смолы, 10—12% газа и 5—6% воды.

Для полукоксования с целью получения смолы, пригодной для переработки на жидкое топливо, используются грохоченные угли марки Д с выходом смолы не менее 10—12% (в пересчете на рабочее топливо) и с необходимым содержанием в смоле легких фракций. Государственными стандартами нормируются предельная зольность, сернистость, кусковатость и термическая стойкость углей. При

полукоксовании с целью получения бездымного топлива (полукокса) требования по выходу смолы не предъявляются.

**Газификация углей** — процесс, при котором органическая часть угля под влиянием высоких температур и воздействия воздуха и различных газов (путем дутья в газогенератор) превращается в горючие газы. В зависимости от применяемого для воздействия газа (воздуха, водяного пара, кислорода, воздуха, обогащенного кислородом, смеси воздуха или кислорода с водяным паром), получаемые в процессе газификации угля газы имеют различный химический состав и теплоту сгорания, что определяет различное направление их использования.

Смешанный газ, полученный при газификации при дутье смеси воздуха и водяного пара, состоит в основном из окиси углерода (25%), водорода (13%) и азота (52%). Теплота сгорания его 1300—1600 ккал/м<sup>3</sup>. Он используется как топливо.

Водяной газ, полученный при газификации на водяном паре, состоит в основном из окиси углерода (до 37%) и водорода (до 50%). Теплота сгорания его 2400—2700 ккал/м<sup>3</sup>. Используется как топливо для органического синтеза и гидрогенизации.

Для газификации используются грохоченные каменные угли марок Д, Г, ГЖ, К<sub>2</sub>, ОС, СС, Т, полуантрациты, антрациты и бурые угли групп Б2 и Б3. Основной технологический показатель — неспекаемость или слабая спекаемость (толщина пластического слоя менее 12 мм). Потребительскими стандартами лимитируются нормы содержания мелочи (0—6 мм), термическая стойкость, температура плавления золы в полувосстановительной среде (не менее 1200—1250° С), для бурых углей — рабочая влажность (не более 36%). Угли также не должны давать большого выхода смол.

Производство жидкого топлива из углей может осуществляться различными методами, главнейшими из которых являются деструктивная гидрогенизация, полукоксование и синтез из газа.

Сущность деструктивной гидрогенизации состоит в воздействии на уголь при повышенных температурах (380—550° С) водорода. При этом происходят процессы разложения высокомолекулярных органических соединений в угле на более мелкие ненасыщенные молекулы (деструкция) и присоединения к последним водорода (гидрогенизация). Характер образующихся продуктов зависит от условий ведения процесса и природы угля. Из 1 т горючей массы угля методом деструктивной гидрогенизации можно получить 650—700 кг жидких продуктов (моторное топливо, смазочные масла, химические продукты) и 150—180 кг ценных газов для органического синтеза.

Для гидрирования пригодны угли с содержанием углерода от 68 до 85% и водорода не менее 4,5% в пересчете на абсолютно сухое топливо. Зольность углей А<sup>с</sup> не должна превышать 6%, содержание фюзена должно быть не более 5—6%.

**Прочие направления использования углей.** Угли могут быть использованы для получения карбидов, изготовления электродов и других целей. Соответственно назначению к ним предъявляются определенные требования, предусмотренные соответствующими стандартами. В табл. 22 приведены технические условия для технологического использования донецких антрацитов.

Извлечение германия из углей осуществляется попутно с основным использованием их для коксования или при сжигании. В коксохимическом производстве германий и некоторые другие редкие элементы извлекаются из побочных продуктов коксования, при сжигании — из тонкодисперсных фракций золы, уносимых дымовыми газами.

Таблица 22

Технические требования к использованию донецких антрацитов

Назначение	Предельные показатели качества						Размер кусков, мм
	А <sup>с</sup>	S <sub>об</sub> <sup>с</sup> , %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Индекс термической стойкости, %	Механическая прочность, %	Содержание мелочи, %	
Для литейных целей	8	1-й сорт — 1,5 2-й сорт — 2,5	> 1,5	> 60	> 70	8	70—120
Для производства термоантрацита электродного термоантрацита литейного	5	2,5	—	> 80	> 51	5	70—120
	6	1-й сорт — 1,2	—	> 70	> 38	5	50—130
карбида кальция » кремния электрокорунда и агломерации бокситов	10	2-й сорт — 2,5	—	> 70	—	—	—
	7	1,5	—	—	—	8	≥ 25
	2	1,5	—	—	—	—	—
	7,2	2,0	—	—	—	—	—



### Глава III

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ОЦЕНКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### § 13. ЗАПАСЫ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Промышленная значимость месторождений полезных ископаемых и оценка перспектив отдельных районов базируются прежде всего на подсчитанных в недрах запасах минерального сырья.

Запасы твердых полезных ископаемых — весовое \* количество полезного ископаемого, заключенное в определенном (ограниченном по площади и на глубину) объеме земных недр. Ограничение подсчета запасов производится по геологическим (пространственное размещение тел полезных ископаемых в недрах) или технико-экономическим (в границах горных отводов, блоков и т. п.) критериям.

Различают разведанные, прогнозные и общие геологические запасы.

Принципы подсчета и учета разведанных запасов полезных ископаемых, оценки их народнохозяйственного значения, степени изученности и подготовленности для использования в качестве основы для планирования и проектирования строительства новых и реконструкции действующих горнорудных предприятий, а также для обеспечения хода эксплуатационных работ определяются соответствующими классификациями запасов.

Непрерывно происходящий научно-технический прогресс в горнодобывающих и использующих минеральное сырье отраслях промышленности сопровождается постоянным изменением технологии, технических и экономических показателей добычи и переработки полезных ископаемых. Существенные изменения происходят также в общей экономической конъюнктуре использования минерального сырья, на которой отражаются размеры потребления того или иного полезного ископаемого, обеспеченность разведанными запасами, разработка технологических процессов, обуславливающих целесообразность замены одного вида сырья другим, соответствующие изменения цен на минеральное сырье и другие факторы.

Поэтому на сравнительно коротких (десятки лет) промежутках времени оценка промышленной значимости конкретных месторождений может претерпевать существенные изменения и эта оценка учитывает сложившиеся на момент ее производства экономическую конъюнктуру и состояние технических и технологических средств добычи и переработки минерального сырья. Соответственно уточняются и перерабатываются классификации разведанных запасов.

Действующей в СССР классификацией запасов месторождений твердых полезных ископаемых предусмотрены следующие основные положения.

\* Для некоторых видов минерального сырья (например, строительный и облицовочный камень) запасы подсчитываются и учитываются в объемных единицах.

Запасы полезных ископаемых подсчитываются и учитываются отдельно для каждого вида минерального сырья и для различных направлений их промышленного использования. В минеральном сырье, используемом для извлечения содержащихся в нем полезных компонентов (металлов, химических элементов и соединений, минералов), подсчитываются и учитываются как запасы руды, так и извлекаемых полезных компонентов; по некоторым видам сырья (железные, хромитовые, марганцевые руды, бокситы и т. п.) подсчитываются и учитываются только запасы руды с характеристикой ее качества. В разведанных месторождениях подлежат обязательному подсчету и учету все имеющие промышленное значение основные и совместно с ними залегающие полезные ископаемые, а также содержащиеся в них ценные компоненты.

Качество полезных ископаемых определяется в соответствии с действующими ГОСТ (ОСТ, ТУ) в зависимости от их назначения, технологии добычи и переработки, а также с учетом наиболее полного комплексного извлечения и рационального использования основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и содержащихся в них ценных компонентов.

Запасы полезных ископаемых подсчитываются и учитываются по наличию их в недрах без вычета потерь при добыче и переработке, состав и свойства полезных ископаемых определяются как в их природном состоянии, так и с учетом возможного разубоживания при добыче.

Разведанные запасы полезных ископаемых по их народнохозяйственному значению разделяются на две группы, подлежащие отдельному подсчету, утверждению и учету:

**балансовые** — запасы, использование которых экономически целесообразно при существующем уровне цен и освоенной промышленностью прогрессивной технике и технологии добычи и переработки сырья при соблюдении требований законодательства к охране окружающей среды;

**забалансовые** — запасы, использование которых в настоящее время экономически нецелесообразно или технически невозможно, но в дальнейшем, по мере развития техники и технологии добычи или переработки минерального сырья, пересмотра оптовых цен, разрешения вопросов охраны окружающей среды, они могут явиться объектом промышленного освоения. Подсчет забалансовых запасов производится с подразделением на подгруппы в зависимости от причин отнесения их за баланс: экономических, технологических, гидрогеологических или горнотехнических.

Запасы полезных ископаемых в охранных целиках горнорудных предприятий подсчитываются отдельно и относятся к балансовым, если они удовлетворяют параметрам утвержденных кондиций. Отнесение к балансовым или забалансовым запасов, находящихся в охранных целиках под крупными водоемами и водотоками, транспортными магистралями, нефте(газо)проводами, жилыми, промышленными и другими капитальными сооружениями, обосновывается специальными технико-экономическими расчетами при разработке кондиций, в которых учитываются затраты на перенос сооружений или специальные способы отработки запасов в охранных целиках.

Разведанные запасы полезных ископаемых подразделяются в зависимости от степени разведанности, комплексной изученности качества сырья и горногеологических условий разработки месторождений на четыре категории — А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>.

Запасы комплексных руд и содержащихся в них основных полезных ископаемых подсчитываются и учитываются по одним и тем же категориям. Запасы содержащихся в них ценных компонентов подсчитываются в контурах

подсчета запасов основных компонентов, а категории определяются полнотой изученности, характера их распределения, надежностью определения содержания в руде (полезном ископаемом), выясненностью технологии и экономики их извлечения.

При проектировании горнодобывающих предприятий в границах принятых горных отводов подсчитываются промышленные запасы, определяемые путем исключения из разведанных балансовых запасов категорий А, В и С<sub>1</sub> проектных потерь полезных ископаемых при их разработке.

Подсчет разведанных запасов опирается на более или менее надежную геометризацию пространственного размещения тел полезных ископаемых. Даже на слабо разведанных площадях, где запасы оцениваются по категории С<sub>2</sub>, вследствие низкой достоверности представлений о форме и распространении тел полезных ископаемых, условиях их залегания, недостаточной изученности качества сырья, возможная приемлемая геометризация подсчета запасов, которая производится в пределах ограниченной экстраполяции данных, полученных на смежных более изученных площадях, или при определенно выявленной продуктивности комплекса горных пород, выполняющих геологически благоприятные структуры. В то же время анализ накопленного геологического материала и научно-теоретические обобщения и разработки в области закономерностей образования и размещения в земной коре месторождений различных полезных ископаемых создают базу для прогноза местонахождения различных полезных ископаемых и оценки возможных масштабов рудо(угле)проявления. Поэтому с целью установления потенциальных возможностей развития добычи того или иного вида минерального сырья, получения сравнительной характеристики перспектив различных районов, планирования поисковых работ и возможного прироста разведанных запасов подсчитываются прогнозные запасы.

Прогнозные запасы подсчитываются для бассейнов, крупных месторождений и районов с предполагаемым наличием тех или других видов полезных ископаемых. Прогнозируемое по геологическим предпосылкам наличие полезных ископаемых, форма и размеры тел, качество сырья из-за недостаточности фактических данных не допускает возможностей надежной геометризации запасов, но создает основу для приближенного определения порядка величины запасов и общей горно-геологической характеристики условий их залегания, в частности глубин нахождения. Значительная неоднородность прогнозных запасов, зависящая от наличия фактического материала, степени сложности геологического строения оцениваемых регионов и других факторов вынуждает выделять среди них несколько групп по степени относительной достоверности.

Совокупность разведанных и прогнозных запасов образует геологические запасы. В связи с отмеченной выше изменчивостью технических и экономических факторов оценки промышленной значимости месторождений в выполненных в 1956 и 1968 гг. подсчетах геологических (в том числе прогнозных) запасов углей на территории Советского Союза эти факторы полнотой не учитывались. В 1956 г. основные параметры подсчета: минимальная мощность угольных пластов (0,3 м для Донбасса, 0,4 м для каменных и 0,5 м для бурых углей), максимальная зольность углей (50%), глубина подсчета (1800 м) в основном соответствовали нормативам, принятым при подсчетах геологических запасов углей, осуществлявшихся в 1913 г. к XII и в 1937 г. к XVII сессиям Международного геологического конгресса. В 1968 г. при подсчете геологических запасов углей по методике, рекомендованной Постоянной комиссией СЭВ по геологии, минимальные мощности пластов и максимальная

зольность углей были приняты согласно нормативам, утвержденным для подсчета разведанных забалансовых запасов в изученных бассейнах и месторождениях; подсчет запасов бурых углей ограничен глубиной 600 м. Данные о геологических запасах углей по основным угольным бассейнам Советского Союза по результатам подсчета 1968 г. приведены в табл. 1.

Общее количество запасов, заключенных в геологических границах месторождений, определяет сравнительный масштаб их промышленной значимости по возможным размерам добычи сырья и перспективам ее развития во времени. Существенное значение при этом имеет концентрация запасов, измеряемая запасами на единицу площади (реже на единицу углубки или разработки) месторождения. Для общей оценки этого параметра по угольным месторождениям используются также понятия: коэффициент угленосности — частное от деления суммарной мощности пластов на мощность толщи, заключенной между верхним и нижним пластами, выражаемое в процентах, и мощность суммарного пласта — сумма мощностей угольных пластов в разрезе угленосной толщи, выражаемая в метрах. Указанные величины рассчитываются обобщенно — с учетом всех угольных пластов (независимо от их мощности) и промышленными — с учетом пластов с мощностью, превышающей установленный для месторождения предел рабочего значения. В конкретных случаях изучается характер угленосности месторождения (шахтного, карьерного поля): число пластов, их мощности, распределение в разрезе, условия залегания, количество заключенных в каждом из них запасов угля и возможности отработки в горном отводе шахты (карьера). Повышенная концентрация запасов положительно отражается на технико-экономических показателях горнорудного предприятия за счет возможности достижения высокой продуктивности работ, снижения удельных капитальных затрат на строительство предприятия и эксплуатационных расходов. Низкая концентрация запасов приводит к рассредоточению их на больших площадях и соответственно к необходимости крупных капиталовложений на вскрытие и подготовку запасов к отработке.

#### § 14. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ УГОЛЬНЫХ ШАХТ И РАЗРЕЗОВ

Конкретным объектом промышленного освоения является угленосная площадь, запасы угля в пределах которой при соответствующих горно-геологических условиях залегания обеспечивают работу угледобывающего предприятия (шахты, карьера) на установленные технико-экономическими расчетами производственную мощность и срок эксплуатации.

Размеры шахтных (карьерных) полей по поверхности в зависимости от угленосности вскрываемой части разреза угленосной формации, элементов ее залегания и намечаемой глубины отработки запасов составляют от нескольких единиц (для карьеров) до нескольких десятков квадратных километров. Границы полей шахт и карьеров устанавливаются прежде всего с учетом структурных особенностей месторождений. При небольших размерах месторождения оно может быть вовлечено в промышленное освоение единым горным предприятием в своих естественных геологических границах. При значительных размерах месторождения или непрерывном распространении угленосной формации на обширных площадях крупных бассейнов границами шахтных (карьерных) полей принимаются такие структурные элементы, как замыкание складчатых структур, их осевые плоскости, зоны резкого изменения элементов залегания, крупные разрывные нарушения и т. п. При ненарушенном залегании или

выдержанности структурных элементов при выборе границ шахтных (карьерных) полей учитываются особенности рельефа, гидрографии поверхности, наличие на ней искусственных сооружений; в некоторых случаях границы принимаются по условным линиям, исходя из потребного количества запасов для обеспечения работы намечаемого угледобывающего предприятия. Нижние границы шахтных (карьерных) полей устанавливаются с учетом сложившегося в данном районе опыта эксплуатации и соответствующих технико-экономических параметров на базе имеющихся данных о горно-геологических особенностях месторождения (угленосной площади).

При постановке и проведении геологоразведочных работ, имеющих целью обеспечение геологическими материалами проектирование новых или реконструкцию действующих угледобывающих предприятий и обеспечение нормального ведения эксплуатационных работ, необходимо учитывать действующие основные направления и нормы технологического проектирования угольных шахт и разрезов.

В настоящее время проектные производственные мощности новых шахт принимаются в 1,8—3,6 млн. т угля в год, а на участках с большими запасами и благоприятными геологическими условиями 4,5—6,0 млн. т в год и более, разрезов — не менее 5 млн. т в год, а в особо благоприятных условиях при наличии достаточных запасов угля и потребности в нем — до 60 млн. т в год и более. В отдельных случаях на месторождениях с ограниченными запасами углей дефицитных марок, а также при подготовке новых горизонтов и реконструкции действующих предприятий допускается (при надлежащем технико-экономическом обосновании) проектирование шахт мощностью менее 1,8 млн. т и разрезов — менее 5 млн. т. Расчетные сроки службы новых шахт мощностью более 1,8 млн. т угля в год ориентировочно установлены в 50—60 лет, для разрезов они устанавливаются проектом на основании сравнения вариантов соответствующих технико-экономических расчетов.

Для выбора оптимальной возможной производственной мощности шахты (карьера) и соответственно размеров детально разведываемой площади (шахтного или карьерного поля), а также глубины разведки, существенное значение имеют концентрация запасов и условия залегания угольных пластов.

При высокой угленасыщенности размеры шахтного (карьерного) поля могут быть определены для максимально возможной производственной мощности по необходимому для ее обеспечения количеству запасов. При слабой угленасыщенности (небольшом количестве маломощных пластов) запасы угля распределяются на большой площади и соответственно возможная производственная мощность шахты определяется запасами, находящимися в пределах ограниченного участка с оптимальными в данных условиях для производства эксплуатационных работ размерами по простиранию и падению пластов.

Проектная мощность шахты должна быть обеспечена, как правило, ведением эксплуатационных работ на одном горизонте. Запасы угля на горизонте принимаются обычно из расчета обеспечения сроков его службы не менее 10—15 лет при пологом и наклонном падении пластов и не менее 10 лет — при крутом залегании. В первом случае ориентируются на одновременную разработку не более 2—3 пластов, во втором — не более 70—75% рабочих пластов, а при наличии более 50% пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа — 60% рабочих пластов.

Горизонтальное залегание угольных пластов почти всегда сопровождается некоторой волнистостью, затрудняющей водоотлив и вызывающей необходимость проходки полевых подготовительных выработок. Чем положе углы па-

дения пластов, тем более сказывается на условиях отработки проявление мелкоамплитудной нарушенности, послойных смещений угольных пластов.

Пологое залегание угольных пластов создает наиболее благоприятные условия для подземной разработки — облегчается водоотлив, транспортировка угля, внедрение механизации добычных процессов. Наиболее крупные по производственной мощности шахты строятся в настоящее время на участках с пологим залеганием пластов.

При крутом залегании затруднена механизация эксплуатационных работ; крепь должна быть снабжена приспособлениями, предотвращающими сползание и опрокидывание механизмов при передвижке их в плоскости пласта.

При горизонтальном и пологом (0—25°) залегании размеры шахтных (карьерных) полей принимаются обычно изометричными или с небольшим увеличением длины по простиранию по отношению к ширине по падению пластов. Чем круче углы падения пластов, тем резче возрастает длина поля по простиранию, и участки с очень крутым залеганием можно рассматривать благоприятными для промышленного освоения только при высокой угленасыщенности, обеспечивающей наличие необходимого количества запасов при оптимальной длине шахтного (карьерного) поля по простиранию.

При размерах шахтного поля по простиранию до 6 км производится закладка индивидуальных шахт, при простирании более 6 км и метанообильности свыше 10 м<sup>3</sup>/т суточной добычи предпочтение отдается блоковому способу вскрытия с размерами блоков по простиранию в пределах 1,5—3,5 км.

Вскрытие пластов производится вертикальными или наклонными стволами, а в районах горного рельефа — штольнями в сочетании в необходимых случаях со слепыми вертикальными стволами и капитальными или погоризонтными (при пологом залегании) этажными (при наклонном и крутом залегании) квершлагами (рис. 42).

При погоризонтном вскрытии наклонная высота между горизонтами принимается 1000—2000 м, на перспективу — до 3000 м. При этажном вскрытии наклонная высота этажа составляет: при наклонном залегании пластов 350—400 м, при крутом 145—155 м (при углах падения 50—55°) и 125—135 м (при углах падения более 55°); вертикальная высота этажа — не менее 100—120 м.

Глубина разработки обычно принимается с учетом сложившегося в данном районе опыта эксплуатации. В наиболее интенсивно разрабатываемом Донецком бассейне, верхние горизонты которого до глубины 600—800 м в значительной мере выработаны или находятся в промышленном освоении, для строительства новых и реконструкции действующих шахт в настоящее время подготавливаются для освоения участки с запасами угля, залегающими на глубинах 800—1200 (и даже 1400—1500) м. В Кузнецком, Карагандинском и Печорском бассейнах глубина, до которой проводится детальная разведка в интенсивно осваиваемых районах, составляет в среднем 600 м, в новых районах — 300 м от дневной поверхности. Для других районов Советского Союза максимальные глубины подземной разработки и соответственно детальной разведки обычно принимаются также 300—500 м от дневной поверхности.

Разработка последнего по падению горизонта обычно предусматривается уклонами при их длине не более 1000—1200 м.

Промышленная ценность месторождения повышается при возможности разработки его карьером. Открытый способ разработки является наиболее экономичным, он позволяет с наименьшими удельными капитальными вложениями и в относительно короткие сроки создавать и осваивать новые производственные мощности. Его преимуществами также являются полная механизация

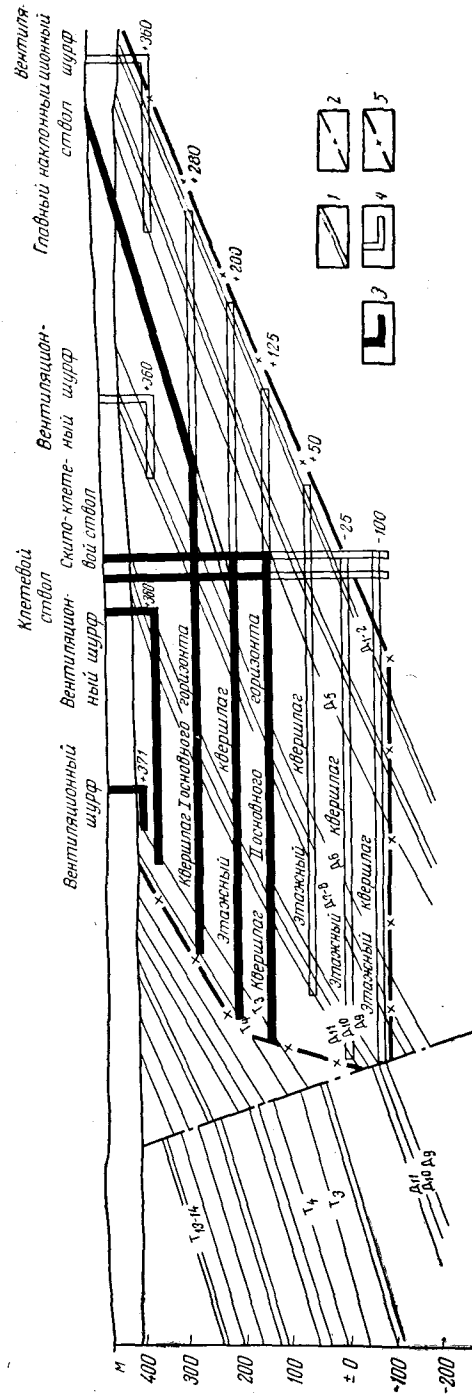


Рис. 42. Вертикальная схема вскрытия шахты 8 Тентекская. 1 — угольные пласты; 2 — разрывные нарушения; 3 — горноподготовительные выработки, намечаемые к проделке на момент сдачи шахты в эксплуатацию; 4 — горноподготовительные выработки будущих лет; 5 — границы шахтного поля

всех производственных процессов, повышенная по сравнению с подземной добычей производительность труда и значительно более низкая себестоимость угля, более благоприятные по безопасности и гигиене условия труда.

Открытым способом разрабатываются преимущественно месторождения с горизонтальным и пологим залеганием мощных пластов на относительно небольшой глубине от поверхности (рис. 43, б), а также верхние горизонты мощных крутопадающих пластов (рис. 43, а). Месторождения с возможной организацией на них открытой разработки углей в настоящее время разведаны почти во всех бассейнах и угленосных районах Советского Союза, за исключением Донецкого, Львовско-Волынского и Печорского. В Днепровском, Канско-Ачинском, Иркутском бассейнах, на месторождениях Серовского угленосного района, некоторых крупных месторождениях Казахстана (Экибастузском, Куучекинском) и Средней Азии (Ангренское) открытый способ угледобычи является основным.

Осуществление комплексной механизации производственных процессов и внедрение мощной техники позволили резко увеличить глубины действующих карьеров. Так, техническим проектом Бачатского карьера в Кузбассе, составленном в 1948 г., предельная глубина разработки по техническим возможностям была определена равной 100 м. Проектом реконструкции (1973 г.) она увеличена до 250—300 м с перспективой развития открытых работ на глубину до 550—600 м. Проектная глубина Коркинского карьера (Челябинский бассейн) в 1942 г. была установлена в 170 м, в 1974 г. глубина разработки

достигла 370 м, проектируется его углубка до 500 м. Границы полей разрезов в плане и по глубине устанавливаются в каждом конкретном случае технико-экономическими расчетами с учетом принятого способа и технологии разработки месторождения (участка).

Определяющим показателем является предельный коэффициент вскрыши. На разрабатываемых в Советском Союзе месторождениях величина его колеблется в пределах от 10 (месторождения Северного Казахстана, Кузнецкого бассейна, Забайкалья) до 20 (Днепровский, Южноуральский, Канско-Ачинский бассейны) и в отдельных случаях до 30—33 м<sup>3</sup>/т, в благоприятных геологических условиях (Бабаевское, Ангренское, Назаровское, Ирша-Бородинское месторождения) линейный коэффициент вскрыши не превышает 5—6 : 1.

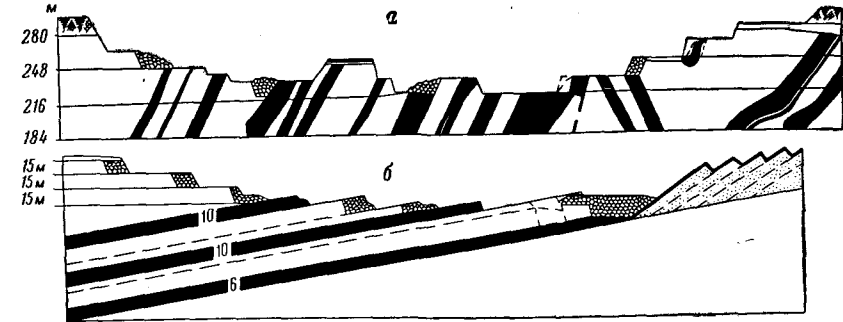


Рис. 43. Схема разработки открытым способом: а — мощных крутопадающих угольных пластов (Бачатское месторождение, Кузбассе); б — пологопадающих угольных пластов (Томь-Усинское месторождение, Кузбассе)

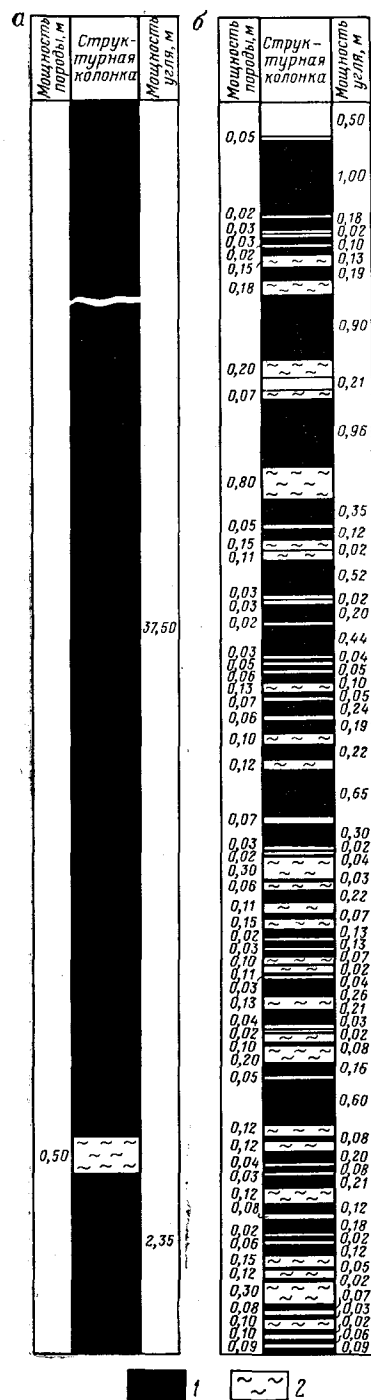
Разрезные траншеи располагаются, как правило, в зонах наименьшей мощности вскрыши с учетом наименьшего горностроительного объема работ и удобства расположения подъездных путей.

#### § 15. ОСНОВНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ

Основными геологическими факторами, определяющими горно-геологические условия разработки, являются морфология угольных пластов, выдержанность их мощности и строения, а также тектоника месторождения.

**Морфология угольных пластов.** В практике разведки и эксплуатации угольные пласты подразделяются 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).

Нижними пределами мощности разрабатываемых подземным способом и включаемых в подсчет балансовых запасов угольных пластов в настоящее время являются: с углями, идущими на коксование, — 0,6—0,7 м (только в Донбассе при крутом залегании 0,5 м и особо ценными углями марок Г, Ж, К, ОС при пологом залегании 0,55 м), с энергетическими углями 0,7—1,0 м. Запасы каменных углей в весьма тонких пластах подсчитываются только в Донецком бассейне (как забалансовые при нижнем пределе мощности пластов в 0,45 м) и отрабатываются в некоторых случаях как защитные при разработке опасных вследствие высокой газоносности рабочих пластов. Пласты тонкие и средней



мощности (до 3,5 м) разрабатываются одним слоем, мощные (более 3,5 м) несколькими слоями. Мощные и весьма мощные пласты являются при благоприятных условиях залегания объектами открытой разработки.

Оптимальная мощность угольных пластов для условий подземной разработки нередко определяется сложившимися в бассейне опытом эксплуатации и технологией производства очистных работ. Так, в Донецком бассейне наиболее благоприятными для разработки признаются пласты мощностью 0,9—1,5 м, участок считается пригодным для освоения при наличии на нем хотя бы одного выдержанного пласта мощностью не менее 1 м. Комплексная механизация очистных работ осуществляется здесь на пластах с мощностью 0,7—0,8 м, более тонкие пласты разрабатываются с ограниченной механизацией и в ряде случаев с присечкой вмещающих пласт пород. В остальных бассейнах наиболее благоприятными для подземной разработки считаются пласты средней мощности (1,3—3,5 м), разработка мощных и весьма мощных пластов камерным способом сопряжена с большими потерями угля и опасностью возникновения подземных пожаров, а слоевая отработка — со значительными технологическими трудностями. Минимальная мощность пластов для открытого способа разработки установлена в 1,5—2 м.

Строение пластов может быть простым — без породных прослоев, умеренно сложным при наличии нескольких породных прослоев и очень сложным, когда угольные пласты (залежи) представлены частым переслаиванием угольных и породных прослоев (рис. 44). Селективная отработка угольных и породных прослоев в пластах сложного строения крайне затрудняет технологию разработки. Минимальные мощности породных прослоев и угольных пропластков, вынимаемых раздельно, определяются в каждом конкретном случае в зависимости от условий залегания пластов и оборудования, используемого для вскрытия и разработки.

Рис. 44. Колонки угольных пластов (залежей):  
 а — пласта Бородинского Ирша-Бородинского месторождения;  
 б — нижнего угленосного горизонта Волчанского месторождения. 1 — уголь, 2 — аргиллит

Отделенные породным прослоем части пласта обычно разрабатываются с ним совместно в контурах, где зольность рядового угля с учетом засорения не превышает предела зольности, установленного кондициями. За изолинией кондиционной зольности производится раздельная отработка сохранившихся рабочее (по мощности) значение частей (пачек) пласта, причем выемка нижней пачки вблизи зоны расщепления зачастую невозможна из-за обрушения в очистное пространство залегающего выше ее породного прослоя, иногда совместно с нерабочей верхней отщепившейся пачкой пласта. Минимальная мощность породного прослоя, при котором в этом случае осуществима отработка нижней части пласта, и соответственно площадь ее непромышленного значения в зоне расслоения определяются, как правило, опытом эксплуатации или специальным технико-экономическим расчетом.

Минимальная мощность породных прослоев, селективно вынимаемых при открытой разработке, обычно устанавливается в 1 иногда 2 м, породные прослои меньшей мощности добываются совместно с угольными. Чем сложнее строение пласта, тем выше зольность рядового угля и соответственно тем ниже промышленная его ценность.

Большое значение для условий разработки имеет выдержанность мощности и строения угольных пластов. Резкие колебания мощности и изменчивость строения пласта отрицательно сказываются и на технологии процесса разработки и на качестве добываемого угля.

Для каждого угольного пласта, находящегося в границах шахтного (карьерного) поля, следует различать общую и частную выдержанность.

Общая выдержанность измеряется распространением оцениваемого пласта как геологического тела на всей площади данного шахтного (карьерного) поля, размерами площади, на которой он имеет рабочее значение, абсолютными и относительными (по отношению к среднему значению) пределами колебаний мощности, изменчивостью строения, а при наличии участков с некондиционными мощностью или качеством угля — площадной распространенностью и размерами этих участков, а также закономерностями в переходе рабочего значения в нерабочее.

Представления об общей (для всего шахтного поля) выдержанности пластов необходимо прежде всего для получения характеристики любого детально разведываемого (разведанного) объекта и для сравнительной оценки его промышленной значимости в сопоставлении с другими аналогичными участками. Для месторождений с единичными пластами (залежами), обладающими выдержанными по всей площади шахтного (карьерного) поля мощностью, особенностями строения и качества угля, такая общая оценка является достаточной для решения возникающих при разведке вопросов о рациональной сети разведочных выработок и их пространственном расположении и определения промышленной значимости месторождения (участка).

Необходимость в частной оценке выдержанности пластов на отдельных участках их распространения в пределах шахтных (карьерных) полей возникает при очень крупных размерах последних и различной степени проявления на оцениваемой площади тех или других геологических процессов (см. § 4), обусловивших локальную изменчивость мощности и строения пластов, условий их залегания и качества угля.

Как уже отмечалось, площади многих современных шахтных (карьерных) полей достигают нескольких десятков квадратных километров. В подавляющем числе случаев размеры участков с генетической однородностью морфологии угольных пластов и качества угля по отдельным пластам

значительно меньше площадей, на которых производится промышленная оценка запасов.

Колебания мощностей и строения пластов, а также показателей качества угля, различная интенсивность проявления локальных их изменений могут существенно отразиться на технологии отработки того или иного пласта. Поэтому одной из основных задач разведочных и проектных работ является оконтуривание и дифференцированная оценка участков распространения пластов, характеризующихся существенными различиями в степени выдержанности указанных параметров.

Размеры площадей такой частной оценки должны позволить определенно установить общие закономерности выдержанности пластов по достаточному количеству точек наблюдений. Они должны быть также увязаны с практикой эксплуатации — с размерностью эксплуатационных блоков, панелей, лав, в пределах которых пласт должен характеризоваться какой-то единой степенью выдержанности.

Согласно утвержденным основным направлениям и нормам технологического проектирования угольных шахт и разрезов размеры блоков, панелей и выемочных полей в каждом конкретном случае определяются специальными расчетами, исходя из специфики горно-геологических условий. При панельной подготовке шахтного поля размер блока по простиранию рекомендуется принимать в пределах 1,5—3,5 км при размещении в нем одной панели и 4—6 км при размещении в нем двух панелей. Длины выемочных столбов при применении механизированных комплексов и выемке по падению или восстанию, а также по простиранию принимаются не менее 800 м, а при благоприятных горно-геологических условиях до 2—3 км по восстанию (падению).

С учетом этих положений размер площади, вовлекаемой в одновременное промышленное освоение, составляет в среднем примерно 4 км<sup>2</sup>.

Практическим опытом разведки и эксплуатации угольных месторождений установлена возможность использования при детальной разведке в качестве основы разведочных квадратных и прямоугольных сетей с размерностью от 500 × 500 до 800 × 800 м. При ненарушенных или слабо нарушенных условиях залегания пород угленосной толщи, когда основным критерием промышленной оценки запасов является выдержанность пластов, количество точек наблюдений при указанной размерности сети составляет от 4—5 до 9 на 1 км<sup>2</sup> (несколько десятков точек на площадь шахтного поля) при преобладании в разрезе мощных и в достаточной степени выдержанных пластов. На месторождениях с недостаточно выдержанными пластами плотность размещения выработок сокращается до 250 × 250 м и количество точек наблюдений возрастает до 10—25 на 1 км<sup>2</sup>. Такое количество точек наблюдений, пополняемое результатами, полученными по выработкам на опорных профилях, обеспечивает возможность достаточно обоснованного прогноза закономерностей изменчивости мощностей и строения пластов и статистической обработки полученных данных.

Поэтому площадь распространения пласта в 4 км<sup>2</sup> с некоторой долей условности может быть рекомендована как эталонная для частной оценки выдержанности пласта; она соответствует и минимальным размерам мелких обособленных месторождений и участков, осваиваемых как самостоятельные объекты.

Пространственные изменения мощностей угольных пластов и их строения по масштабам их проявления и промышленной значимости целесообразно подразделить на две группы.

К первой, имеющей наибольшее значение, относятся общая генетическая изменчивость мощностей и строения угольных пластов на разведанной площади и крупномасштабные размывы пластов.

Площадь распространения угольного пласта на месторождении в целом и на тех частях месторождения, которые подвергаются частной промышленной оценке, определяются контурами его генетического выклинивания. Если не учитывать мелких колебаний в мощностях, обусловленных неровностями ложа торфяника, быстрое или медленное изменение мощностей и строения пласта в контурах его распространения имеет обычно постепенный плавный характер. На крупных площадях распространения пласта такие изменения, как уже отмечалось, имеют закономерный волнообразный (см. рис. 15) характер. Плавность и постепенность изменений морфологических черт широко используются при геологических построениях и прогнозах — при экстраполяции и интерполяции данных, полученных по смежным выработкам.

Существенное значение имеет градиент изменений мощностей и явлений расщепления пласта. При расщеплении пласта мощность разделяющего прослоя может возрасти до такой величины, когда расщепленные части пласта приобретают самостоятельное промышленное значение. Полоса распространения пласта между линией, до которой пласт может отрабатываться в расщепленном состоянии, удовлетворяя нормативам мощности и зольности угля, и линией, где каждая из отщепившихся частей пласта приобретает самостоятельное промышленное значение, называется зоной расщепления. Ширина такой зоны в зависимости от быстроты возрастания мощности породного прослоя может колебаться в самых широких пределах — от десятков метров до нескольких километров. Внешние контуры этой зоны являются границами площадей, для которых производится дифференцированная оценка выдержанности пласта: в нерасщепленном его состоянии, в зоне расщепления и для каждой из образовавшихся в результате расщепления самостоятельных частей — новых пластов. В некоторых случаях расщепление пласта не приводит к образованию самостоятельных новых пластов, а сопровождается лишь изменениями его общей мощности, среднепластовой зольности угля и усложнением горно-геологических условий разработки. Оценка выдержанности пласта должна учитывать масштабы происходящих изменений указанных параметров.

Единичные пласты сохраняют мощность и строение на очень больших площадях. Для большинства пластов характерно чередование в общем контуре их распространения и в границах крупных шахтных (карьерных) полей участков (зон) компактного и расщепленного в различной степени и масштабах состояния (см. рис. 17). Пространственное размещение участков (зон) с неодинаковым типом строения пласта, разной его мощностью и полной стратиграфического разреза происходит в различных сочетаниях — от более или менее правильных полос до пятнистой блоковой структуры. Такая «зональность пластов» \* особенно характерна для месторождений промежуточной группы. Месторождениям платформенной группы более присуще определенно направленное резкое (см. рис. 8,9) или постепенное расщепление пластов, отделившиеся части которых приобретают самостоятельное промышленное значение.

Региональное значение имеют крупные протяженные на значительных площадях размывы пластов (рис. 45). Так же, как контуры генетического выклинивания и зоны расщепления пластов, крупные размывы являются границами площадей, для которых производится оценка выдержанности угольных

\* Термин, предложенный В. Н. Волковым (1973).

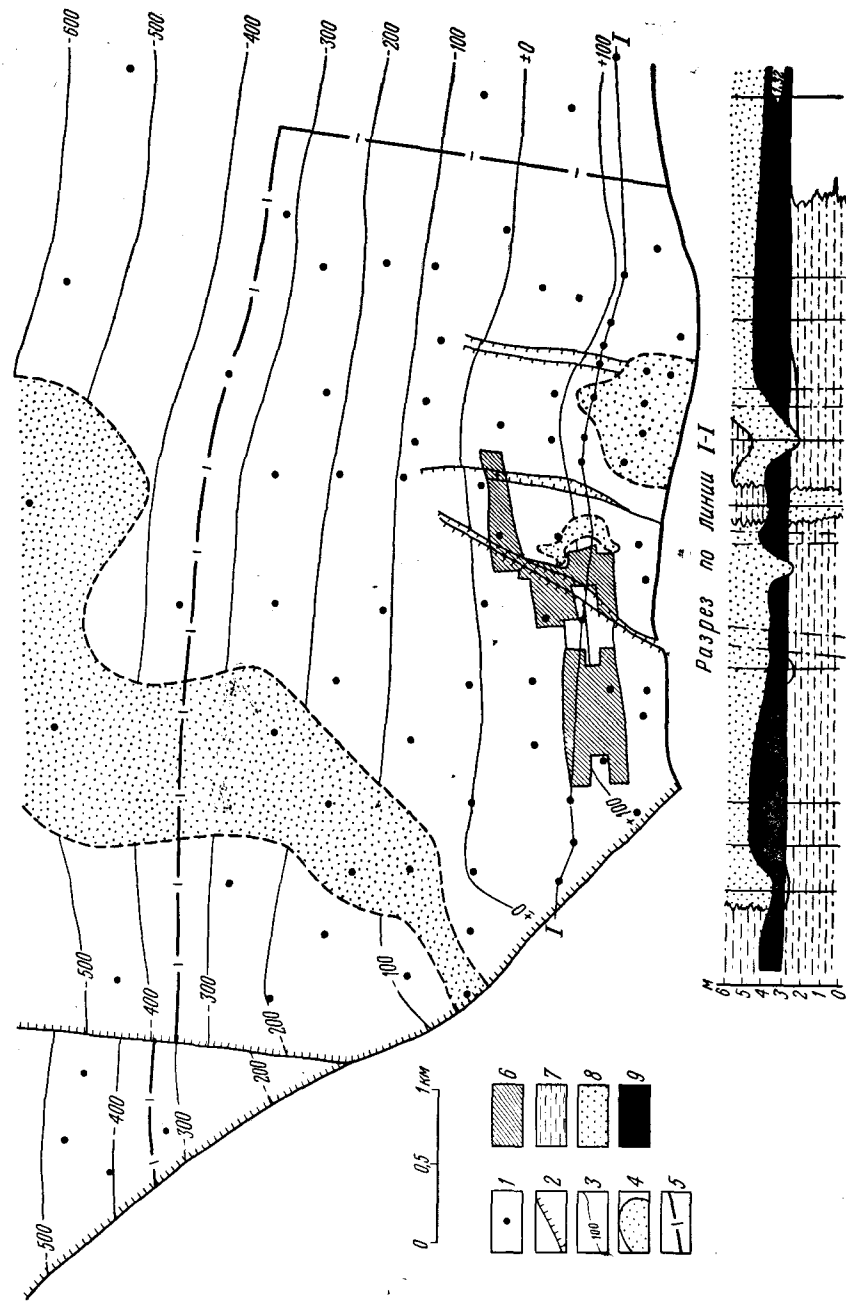


Рис. 45. Разрыв пласта  $m_9$  на поле шахты «Россия» (Донецкий бассейн). Для гипсометрического плана: 1 — границы шахтного поля, 2 — свалены, 3 — разрывные нарушения, 4 — изогипсы пласта, 5 — площадь размыва пласта, 6 — обработанная часть пласта, для разреза: 7 — алевролит, 8 — песчаник, 9 — уголь

пластов. Контуры указанных зон и крупных размывов, закономерности изменения мощностей и строения пластов внутри этих контуров достаточно надежно устанавливаются в процессе разведки и служат основой для характеристики изучаемого пласта.

Относимые ко второй группе изменения морфологии пластов за счет неровностей ложа торфяника (см. рис. 19), различий в степени усадки углей и пород в процессе диагенеза осадков, воздействия тектонических напряжений (см. рис. 3), проявления локальных размывов (см. рис. 20) и генетического выклинивания, карстообразования в подстилающих угленосную толщу отложениях (см. рис. 21), ассимиляции угля изверженными породами и т. п. накладываются на изменчивость, обусловленную более региональными геологическими процессами. Ограниченность площадей, на которых происходит изменение морфологии пласта под влиянием указанных причин, крайне затрудняет установление разведочными средствами закономерностей в пространственном расположении таких локальных изменений, а иногда и их причинности. Наличие таких изменений учитывается при оценке выдержанности угольных пластов по частоте получения в разведочных выработках аномальных данных и их пространственному распределению; при наличии эксплуатационных работ анализируются данные разработки оцениваемого пласта на прилегающих площадях. Передки случаи, когда интенсивное проявление таких локальных изменений (рис. 46) устанавливается только в процессе производства эксплуатационных работ и коренным образом изменяет представления о выдержанности угольного пласта, полученные по разведочным данным.

Основными параметрами оценки выдержанности пластов являются пространственная изменчивость их мощности, строения и качества угля по совокупности различных первичных и вторичных факторов изменчивости их морфологии.

При оценке влияния качества угля следует отметить, что большинство основных показателей — петрографический состав, метаморфизм углей и характерные для определенной стадии углефикации величины выхода летучих веществ, элементарного состава, естественной влажности и т. п. не имеют значительных колебаний на площади, подвергающейся промышленной оценке. Пространственные изменения степени метаморфизма углей — взаимопереходы смежных технологических групп — в подавляющем большинстве случаев обладают определенно выдержанными закономерностями, устанавливаемыми сетью выработок, проходимых для изучения изменчивости морфологии пластов. Наиболее невыдержанным показателем качества угля является зольность. На величине этого показателя отражаются как колебания в величине и составе минеральных примесей, содержащихся в самом веществе угля (внутренняя зола или материнская зольность), так и участие в засорении угля внутрипластовых породных прослоев, а также пород почвы и кровли пласта (внешняя зола). Поэтому при оценке степени выдержанности качества угля по существу учитывается изменчивость на оцениваемой площади только зольности углей.

Довольно часто определяющую роль для оценки выдержанности пластов играет только один из указанных выше трех показателей. Многие угольные пласты в границах шахтных (карьерных) полей обладают устойчивыми на больших площадях простым или умеренно сложным строением и материнской зольностью угля. При оценке их выдержанности учитываются только региональные закономерности или локальные проявления изменчивости мощности пласта.

В ряде случаев определяющим критерием оценки выдержанности пластов является присущая некоторым месторождениям (например, Подмосковного,

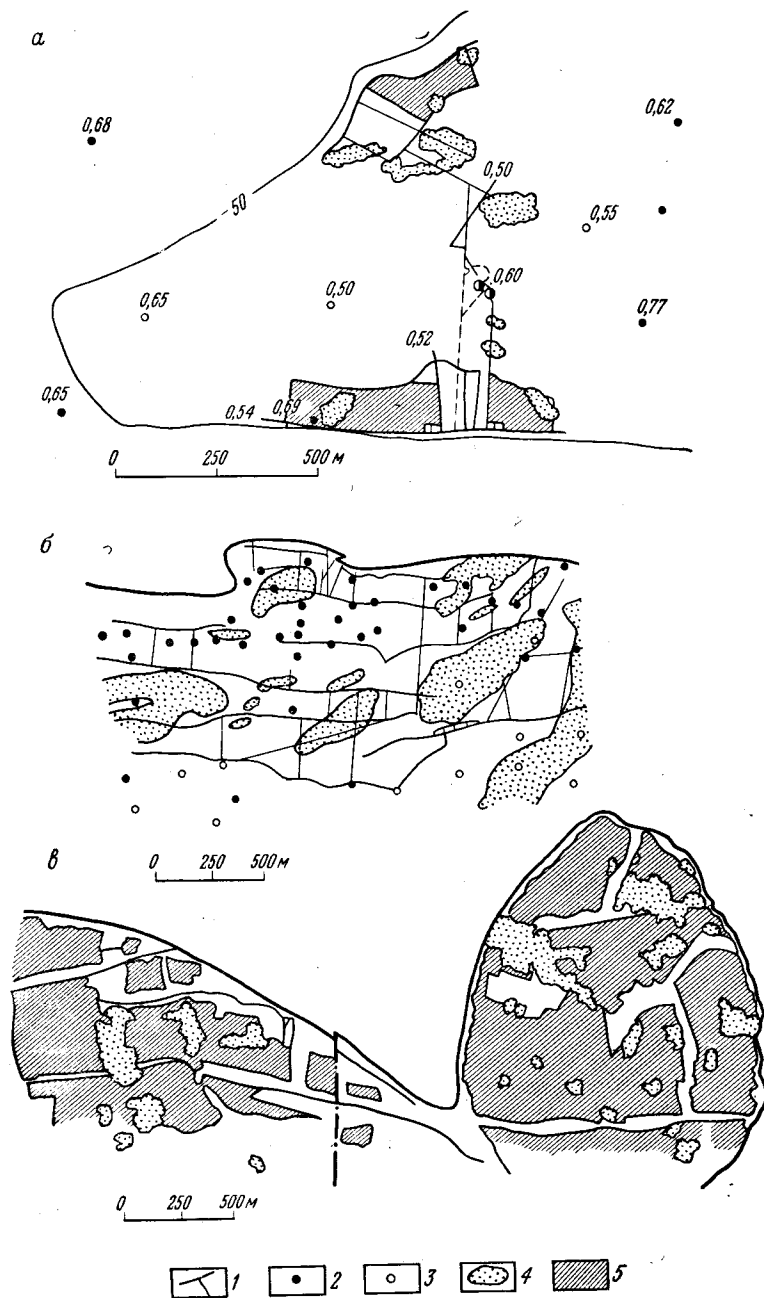


Рис. 46. Размыты пластов:

а—г, на поле шахты Дуванная-Южная (Донбасс); б—к, на поле шахты 105 Саранская (Карагандинский бассейн); в—1-го на месторождении гор Шмидта и Надежды (Тунгусский бассейн). 1 — горноподготовительные выработки; 2 — скважины детальной разведки; 3 — скважины эксплуатационной разведки; 4 — размыты пластов; 5 — отработанные площади

Днепровского бассейнов) высокая степень изменчивости строения пластов и зольности угля, хотя выдержанность общей мощности пласта относительно высокая.

Наиболее распространенным случаем является необходимость учета одновременного влияния всех трех основных показателей — мощности пласта, его строения и зольности угля. Но тесная взаимосвязь этих параметров допускает возможность обобщенного подхода к оценке выдержанности пласта по суммарному эффекту их проявления. Такой подход облегчен установившейся в последнее время практикой оценки промышленного значения пласта в каждом его пересечении разведочной или горной выработкой по утверждаемым кондициям минимальной общей мощности пласта (сумме угольных и породных прослоев) или его селективно обрабатываемой части и максимальной среднепластовой (с учетом засорения угля породой из внутрипластовых прослоев) зольности угля.

Повышение сложности строения пласта увеличивает общую мощность пласта и среднепластовую зольность угля. Взаимосвязь этих параметров может проявиться в виде следующих трех обобщенных результатов.

В первом — те или иные особенности строения пласта (умеренно сложное, очень сложное) выдерживаются на значительных площадях, в частности на площади, принятой для частной оценки выдержанности (около 4 км<sup>2</sup>). Если материнская зольность угля при этом не имеет резких колебаний и соответственно среднепластовая зольность по отдельным пересечениям на оцениваемой площади выдерживается, не выходя по значению за пределы кондиций, оценка выдержанности пласта учитывает только изменчивость общей мощности пласта; сложность его строения и некоторая изменчивость зольности во внимание не принимаются.

Во втором — наличие закономерно направленного расщепления пласта с изменением мощностей угольных и породных прослоев (нередко с появлением дополнительных породных прослоев) сопровождается постепенным увеличением общей мощности пласта и среднепластовой зольности угля. Расщепление пластов в этом случае учитывается для оценки выдержанности пласта также через величину изменчивости его общей мощности до контура, за которым мощность какого-то из породных прослоев становится горно-геологическим критерием, определяющим раздельную отработку отделенных этим прослоем частей пласта. Часто такой контур определяется пределом максимальной среднепластовой зольности угля, установленным кондициями для данного месторождения (участка). За контуром зоны расщепления она в том же порядке осуществляется для отдельных, получивших самостоятельное промышленное значение частей (или одной сохранившей промышленное значение части), пока эти части не подвергнутся новому расщеплению на самостоятельные объекты разработки и подсчета запасов.

В третьем — усложнение строения пласта вследствие наличия локальных ограниченных по площади участков его расщепления под влиянием мелких колебательных движений площадей торфообразования, периодических климатических и гидродинамических изменений условий угленакопления также отразится в изменении общей мощности и среднепластовой зольности угля. На таких локальных участках зольность угля по пласту в целом (с учетом породных прослоев) может превысить предел, установленный кондициями. В этом случае в подсчет запасов и отработку включается только наиболее монолитная часть пласта, зольность угля которой будет удовлетворять требованиям кондиций. Исключение разубоженной части отразится на мощности пласта в сторону ее снижения. Площади, прилегающие к выработкам, где мощность монолитной



части пласта с кондиционной зольностью угля будет ниже предельного значения, из подсчета исключаются.

Таким образом, основным критерием выдержанности угольных пластов является изменчивость общей их мощности. Этот показатель в обобщенной форме отражает как природную изменчивость морфологии пласта, обусловленную сингенетическими и эпигенетическими процессами, так и влияние требований кондиций к условиям разработки и качеству угля.

Выдержанность мощности пластов на оцениваемой площади характеризуется:

- 1) устойчивостью среднего значения мощности пласта и амплитуд отклонения предельных значения от средней величины;
- 2) наличием перехода значений мощности через минимальный предел величины, установленной кондициями для подсчета балансовых запасов;
- 3) наличием закономерностей в изменении мощности по каким-то определенным направлениям.

Устойчивость среднего значения мощности пласта и незначительность амплитуд отклонений частных величин по отдельным выработкам от средней для оцениваемой площади имеет важное значение прежде всего для условий эксплуатации. Существенное изменение мощности пласта выше установленного предела приводит к необходимости замены горнодобывающих механизмов, а иногда изменения системы отработки пласта. Этот фактор отражается также и на точности подсчета запасов. Значительные колебания мощностей пласта по отдельным выработкам на площади подсчетного блока могут быть сnivelированы только при направленном закономерном их изменении, что обеспечивает в этом случае достаточно достоверное определение общего по блоку количества запасов с возможностью графического отображения пространственного их распределения.

С учетом вышеизложенного инструкцией ГКЗ СССР по применению классификации запасов твердых полезных ископаемых к месторождениям углей и горючих сланцев (1968) рекомендуется подразделять угольные пласты по степени их выдержанности на три группы: выдержанные, относительно выдержанные и невыдержанные.

Пласты относятся:

**к выдержанным**, когда мощность пласта на площади, для которой производится оценка его как выдержанного, имеет незначительные отклонения от средних характерных для этой площади величин; пласты имеют простое или умеренно сложное выдержанное строение, участки с нерабочим значением пласта отсутствуют; абсолютные значения мощности пласта при максимальном отклонении в сторону снижения должны не менее чем на 10 см (погрешность бурения — каротажа) превышать предел мощности, установленный кондициями для подсчета балансовых запасов;

**к относительно выдержанным**, когда на площади оценки мощность пласта имеет значительные колебания, но на большей ее части он не утрачивает промышленного значения; при наличии участков с нерабочим значением пласта установлена определенная закономерность изменения показателей, определяющих переход рабочего значения пласта в нерабочее;

**к невыдержанным**, когда вследствие резкой изменчивости мощности или близости этих параметров к пределам кондиций пласт на многих локальных участках оцениваемой площади утрачивает рабочее значение.

В табл. 23 приведены приближенные пределы отклонений мощности пласта от среднего значения на оцениваемой площади в границах шахтного (карьер-

ного) поля или части его размером не менее 4 км<sup>2</sup>, которые рекомендуется использовать при оценке выдержанности тонких пластов и пластов средней мощности. Для мощных и сверхмощных пластов установление количественных критериев изменчивости мощности при оценке их выдержанности нецелесообразно. Мощность таких пластов на подавляющей части площади шахтного (карьерного) поля заведомо превышает пределы, устанавливаемые кондициями. При простом и умеренно сложном строении распределение площадей распространения на отдельные участки с выдержанным или изменчивым характером мощности производится в каждом конкретном случае достаточно определенно и согласованно и не нуждается в количественных критериях, для которых потребовалось бы использование спорных и условных величин.

Таблица 23

Допустимые пределы отклонения значений мощности пласта от среднего для оцениваемой площади (в % от величины средней мощности)

Группа пластов по выдержанности	Пласты	
	тонкие, 0,5–1,3 м	средней мощности, 1,3–3,5 м
Выдержанные	20	25
Относительно выдержанные	35	50

Мощные сложно построенные угольные залежи, представленные частым чередованием большого количества угольных пачек и породных прослоев, с мощностью от нескольких сантиметров до десятков метров (Экибастузское, Богословское, Волчанское, Коркинское, Харанорское, Бикинское месторождения), рассматриваются как комплекс относительно устойчивых и неустойчивых пластов. Выдержанность их оценивается с учетом намеченного способа отработки для всей залежи (при валовом) или отдельных частей (при селективном).

Основными объектами эксплуатации на многопластовых месторождениях являются выдержанные пласты; содержащиеся в них запасы угля, как правило, определяют промышленную ценность участка. Существенное значение имеют и относительно выдержанные пласты, особенно при определенно выраженной закономерности в пространственном изменении мощности и строения и при благоприятной характеристике устойчивости вмещающих пород. При значительном относительно количестве заключенных в них запасов углей они также рассматриваются как основные объекты разведки и эксплуатации. Промышленное значение невыдержанных пластов невелико, оно определяется их положением в разрезе, количеством содержащихся запасов и качеством угля.

**Тектоника месторождений.** Существенное значение для оценки промышленной значимости участков, выбора границ шахтных (карьерных) полей, систем отработки и условий эксплуатации имеет тектоника месторождений. Резкие изменения углов падения вследствие проявления дополнительной складчатости, флексурных перегибов, различий в углах падения смещенных по разрывному нарушению частей пластов, определяют необходимость изменения систем вскрытия и разработки. Линии резкого изменения углов падения пластов нередко являются естественными границами шахтных полей, ограничивая возможную производственную мощность шахты.

Крупные разрывные нарушения, сопровождающиеся мощными зонами дробления пород или приводящие в контакт продуктивные горизонты угленосной толщи со слабо угленасыщенными или безугольными ее горизонтами и тем более с породами других неугленосных толщ, как правило, являются естественными границами шахтного (карьерного) поля. Редкие разрывные нарушения, направленные вкрест простирания угленосной толщи, смещение по которым не приводит к резкому изменению степени угленасыщенности и условий залегания пластов в крыльях разрывов, принимаются в качестве границ эксплуатационных блоков, лав. Влияние крупных разрывных нарушений с направлением согласным или близким к простиранию пластов определяется их характером, взаимным положением пластов в различных крыльях сместителя, возможностью перехода их горными выработками. Сдвоение пластов по крутопадающим надвигам иногда дает положительный эффект тем, что приводит к резкому увеличению количества запасов на одном и том же участке по простиранию пород угленосной толщи (например, в Бачатском, Прокопьевско-Киселевском районах Кузбасса, в Горловском бассейне). Но, как правило, проявление дополнительной складчатости и разрывной тектоники является фактором, осложняющим ведение горно-эксплуатационных работ. Разрывные нарушения обычно сопровождаются снижением устойчивости пород, резким увеличением водопритоков, повышением метаобоильности, нарушением систем вскрытия и разработки и часто потерями запасов угля за счет технической невозможности или экономической нецелесообразности их отработки.

Интенсивно нарушенные дополнительной складчатостью и малоамплитудными разрывами мелкоблочные площади в лучшем случае могут служить объектами освоения мелкими шахтами с низким уровнем механизации. Такое освоение осуществляется в районах с топливным дефицитом и сложившейся практикой эксплуатации (например, Партизанский, Челябинский бассейны, Егоршинское, Буланашское месторождения на Урале). При высокой угленасыщенности и особой ценности углей по качеству интенсивно нарушенные месторождения разрабатываются и крупными предприятиями (например, в Анжерском, Кемеровском и Прокопьевско-Киселевском районах Кузбасса).

Интенсивность проявления разрывной тектоники колеблется в широком диапазоне. Часть месторождений характеризуется полным отсутствием разрывных нарушений или крайне слабым их проявлением. В большинстве случаев наблюдается блочная структура угленосных площадей, колеблются от очень крупных (несколько квадратных километров), где ведущее значение имеют характер пликативных дислокаций и выдержанность элементов залегания пород, до мелкоблочных и чешуйчатых форм, где степень нарушенности угленосных отложений разрывами является определяющим фактором разведки и промышленной оценки разведываемого объекта.

Наличие сходства в принципиальных чертах тектоники для локальных участков месторождений различных генетических групп позволяет наметить обобщенную тектоническую группировку шахтных (карьерных) полей для разработки принципиальных положений методики производства на них детальной разведки и последующих подсчета запасов и промышленной оценки разведанных объектов. По наиболее существенным особенностям тектоники шахтные (карьерные) поля могут быть подразделены на четыре основные группы (рис. 47).

**Г р у п п а I.** Угленосные площади (участки) с горизонтальным или очень пологим залеганием пород угленосной толщи, осложненным волнистостью и редкими разрывными нарушениями.

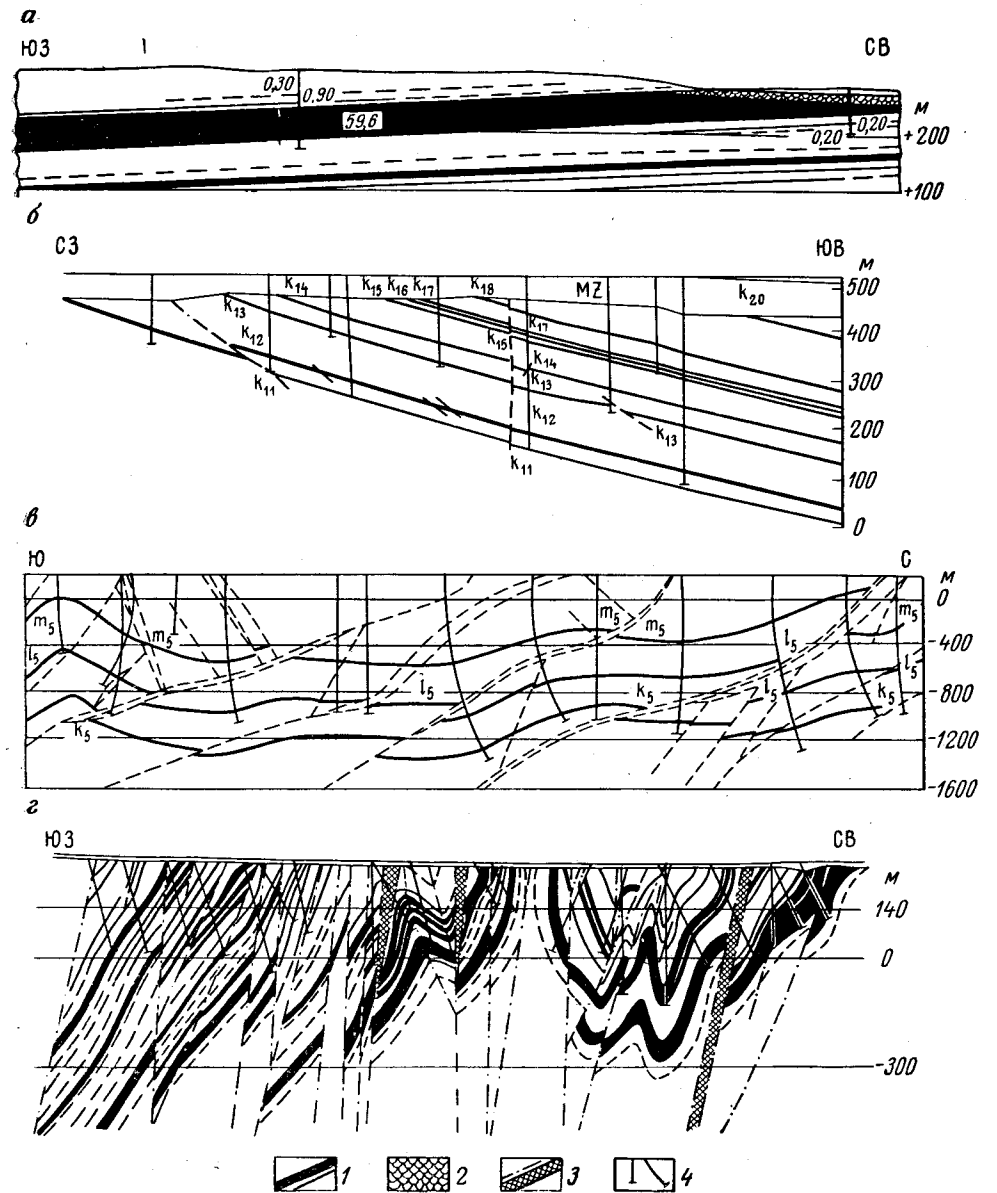


Рис. 47. Примеры месторождений различных групп тектонической сложности: а — Итатское Канско-Ачинского бассейна (I группа); б — Саранский участок Карагандинского бассейна (II группа); в — Алмазно-Марьевский район Донбасса (III группа); г — Бачатский район Кузбасса (IV группа). 1 — угольные пласты; 2 — «горельники»; 3 — разрывные нарушения; 4 — скважины

К этой группе относится подавляющее большинство осваиваемых площадей платформенных месторождений (Подмосковный, Южноуральский, Днепровский, Канско-Ачинский бассейны, северо-западная и северо-восточная части Иркутского бассейна, значительная часть месторождений Забайкалья, Кивдо-Райчихинское, Свободное, Бикинское и др.), а также находящихся в приплатформенных зонах краевых прогибов (Старобельско-Миллеровский район Донбасса, Вилкойская и Приалданская части Ленского бассейна, Львовско-Волынский бассейн).

**Г р у п п а II.** Угленосные площади (участки) с пологим, наклонным и крутым залеганием пород угленосной толщи с выдержанными элементами залегания или с закономерным переходом от пологого к наклонному и от наклонного к крутому залеганию; дополнительная складчатость и разрывные нарушения обусловили создание крупноблоковой структуры залегания угленосных отложений, причем в пределах каждого крупного блока элементы залегания пород сохраняют выдержанный или закономерно направленный характер изменения.

К этой группе относятся угленосные площади или значительные части их в зонах развития крупных линейных складок и брахиформ бассейнов переходного типа (Центральный, Боково-Хрустальский, Чистяково-Снежный, Шахтинско-Несветаевский, Должанов-Ровенский, Сулино-Садкинский, Гурково-Зверевский районы Донецкого, Усинской мегасинклинали Печорского, Ленинский, Беловский, Ускатский, Ерунаковский районы Кузнецкого, Промучасток и Тентекский район Карагандинского бассейнов, Экибастузский, Минусинский, Бурейский бассейны) и некоторых платформенных бассейнов и месторождений (Улукемский, Майкюбенский бассейны, месторождения Волчанское, Богословское, Коркинское, Камышинское на Урале, Кокуйское, Новометелкинское, Нерюнгринское, Гусиноозерское, Харанорское в Восточной Сибири) и др.

**Г р у п п а III.** Угленосные площади (участки) со сложноскладчатым залеганием пород угленосной толщи с изменчивыми элементами залегания, интенсивным проявлением многочисленных разрывных нарушений, создающих чешуйчатые и мелкоблоковые структуры в зонах сопряжения различно ориентированных систем разрывных нарушений и замыкания крупных структур в бассейнах переходной группы (Алмазно-Марьевский и Донецко-Макеевский районы в Донецком, южное и восточное крылья Коротаихинской мегасинклинали в Печорском, Кемеровский и Анжерский районы и Пригорношорская зона в Кузнецком, Чурубай-Нурицкий район в Карагандинском); интенсивная нарушенность характерна для районов развития мелкой складчатости в Донбассе, юго-восточной части Экибастузского бассейна, а также для платформенных месторождений, связанных с посторогенными впадинами (Еманжелинское, Красносельское, Куллярское в Челябинском бассейне, Артемовское в Угловском, Майхинское, Супутинское, Кушмурунское, в Норильском районе Тунгусского бассейна и др.).

**Г р у п п а IV.** Угленосные площади (участки) с чрезвычайно нарушенным залеганием угленосных отложений — резкой изменчивостью элементов залегания пород, интенсивным проявлением разрывов, создающих мелкоблоковую чешуйчатую структуру, и зоны мелкоамплитудной нарушенности.

Такие участки характерны для краевых частей бассейнов, примыкающих к крупным, ограничивающим их разломам (Присалаирские районы Кузнецкого, Прижалаирские районы Карагандинского), отдельные площади Анжерского и Кемеровского районов Кузбасса, Алмазно-Марьевского района Донбасса, некоторых месторождений Тунгусского, Челябинского, Партизанского

бассейнов и о. Сахалина, и для всех геосинклинальных месторождений. Сложность тектоники всегда рассматривается как крайне неблагоприятный фактор промышленной значимости разведываемых месторождений.

**Прочие горно-геологические условия.** На способы вскрытия и схемы разработки существенное влияние также оказывают гидрогеологические и инженерно-геологические условия месторождения: наличие и распространенность многолетнемерзлых пород, литологический состав и физические свойства вмещающих уголь пород, положение месторождения относительно местного базиса эрозии и уровня подземных вод, характер обводненности пород угленосной толщи, фильтрационные их свойства и т. п. В сложных гидрогеологических условиях (например, в Подмосковном бассейне) проходка стволов шахт производится спецметодами (с замораживанием околоствольных участков), а проходке подготовительных капитальных и очистных выработок предшествует предварительное осушение шахтного поля водопонижительными скважинами. В районах с развитием островной (прерывистой) многолетней мерзлоты размеры и форма шахтного поля выбираются так, чтобы все намеченные к отработке запасы были расположены только в мерзлых или только в талых породах. При небольших интервалах между мерзлыми и тальми породами в отдельных случаях допускается включение в шахтное поле разнородных участков. В районах сплошного развития многолетней мерзлоты при наличии достаточных запасов угля в разработку вовлекаются пласты, залегающие в мерзлотной зоне. Подмерзлотные горизонты вскрываются в необходимых случаях на участках с минимальной мощностью и льдистостью наносов и коренных мерзлых пород.

Для проектных решений по вскрытию и отработке месторождений (участков) подземным способом большую роль играет их природная газоносность (газовая зональность, глубина зоны газового выветривания, метаноносность угольных пластов и закономерности ее пространственного изменения), геотермические условия и другие горно-геологические факторы, характеристика которых приведена в § 6.

#### § 16. ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ (УЧАСТКА) ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ

Проектирование горнодобывающих предприятий может производиться только после утверждения запасов полезных ископаемых и передачи месторождения для промышленного освоения. В исключительных случаях с разрешения Совета Министров СССР проектирование горнодобывающих предприятий может производиться до утверждения запасов полезных ископаемых.

Подготовленность месторождения (участка) для промышленного освоения определяется согласно требованиям классификации запасов прежде всего соотношением различных категорий разведанных в их границах запасов полезных ископаемых. Необходимое для осуществления проектирования строительства горнодобывающих предприятий соотношение категорий утвержденных балансовых запасов установлено с учетом степени сложности геологического строения месторождения (участков).

Действующей классификацией запасов месторождения твердых полезных ископаемых по степени сложности их геологического строения подразделены на три группы.

К 1-й группе относятся месторождения (участки) простого строения с выдержанной мощностью тел полезных ископаемых и равномерным распределением полезных компонентов. Такими являются большая часть угленосных

площадей I и II групп тектонической сложности (см. § 15), запасы на которых в основном заключены в выдержанных пластах.

Для угольных месторождений этой группы не менее 50% балансовых запасов от общих (по категориям  $A + B + C_1$ ) должно быть разведано по категориям A и B, в том числе не менее 20% по категории A. Значительное превышение количества разведанных запасов категории A и B по сравнению с указанным пределом без должного обоснования нецелесообразно.

Ко 2-й группе относятся месторождения (участки) сложного строения, с невыдержанной мощностью тел полезных ископаемых или неравномерным распределением полезных компонентов, на которых выявление запасов категории A в процессе детальной разведки нецелесообразно вследствие очень высокой стоимости разведочных работ. Такими являются угленосные площади I и II групп тектонической сложности при преобладании запасов в выдержанных пластах, а также площади с преобладанием запасов в выдержанных пластах, но с повышенной тектонической сложностью (III группа).

Для месторождений (участков) этой группы не менее 50% балансовых запасов (от суммарных по категориям  $B + C_1$ ) должно быть разведано по категории B.

К 3-й группе относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с резко изменчивой мощностью тел полезных ископаемых или исключительно невыдержанным содержанием полезных компонентов, на которых в процессе разведки нецелесообразно выявлять запасы категории B. Такими являются большая часть угленосных площадей III группы тектонической сложности, частично площади I и II групп, на которых угленосность представлена преимущественно невыдержанными пластами, и все площади IV группы тектонической сложности. Промышленное освоение месторождений этой группы допускается на базе запасов категории  $C_1$ .

Для крупных месторождений 1-й и 2-й групп, вовлекаемых в промышленное освоение неполностью, указанные соотношения запасов различных категорий должны выдерживаться для той части, на базе которой согласно проекту намечается строительство горнодобывающего предприятия.

Возможность проектирования и строительства горнодобывающего предприятия при наличии меньших количеств запасов категории A или B, против указанных выше, устанавливается Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (или в соответствующих случаях территориальными комиссиями по запасам полезных ископаемых) при утверждении запасов.

При современных весьма значительных размерах шахтных (карьерных) полей сложность геологического строения и выдержанность пластов на отдельных их площадях может обладать существенными различиями. В пределах таких полей крупные их части могут быть отнесены к различным из указанных выше групп.

Месторождения (участки) являются подготовленными для промышленного освоения при соблюдении следующих условий:

балансовые запасы минерального сырья разведаны и утверждены в приведенном выше соотношении отдельных категорий для месторождений (участков) с различной степенью сложности геологического строения или при наличии решения ГКЗ СССР (ТКЗ) о возможности проектирования и выделения капиталовложений на строительство новых (реконструкцию действующих) горнодобывающих предприятий при достигнутом соотношении категорий запасов;

качество и технология переработки основных и имеющих промышленное значение попутных полезных ископаемых и компонентов, гидрогеологические и горнотехнические условия эксплуатации для месторождений любой группы изучены с детальностью, достаточной для составления проектов горнодобывающего и перерабатывающего минеральное сырье предприятий;

дана оценка имеющихся в районе месторождения сырьевой базы строительных материалов, а также возможных источников хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения для обоснования проведения в дальнейшем специальных геологоразведочных гидрогеологических и изыскательских работ.

При проведении геологоразведочных работ должны быть учтены требования, предусмотренные законодательством в области охраны недр и окружающей среды, даны и обоснованы рекомендации:

по выбору площадей для размещения объектов жилищного и промышленного строительства, на которых по предварительным данным отсутствуют залежи полезных ископаемых;

мероприятий по очистке, сбросу или захоронению минерализованных вод;

по размещению извлекаемых из недр горных пород и полезных ископаемых, исключающему их вредное влияние на окружающую природную среду;

необходимости рекультивации земель и т. п.

Наиболее детально должны быть разведаны участки и горизонты месторождения, намечаемые для первоочередной отработки. Согласно утвержденным Минуглепромом СССР требованиям к исходным материалам, представляемым для проектирования нового строительства и реконструкции шахт и разрезов, запасы угля на площадях, предназначенных для первоочередной разработки, должны обеспечивать работу углеразрезов и шахт с крутым залеганием (более  $45^\circ$ ) пластов на срок не менее 10 лет, остальных шахт — не менее 15 лет. Размещение площадей первоочередной разработки определяется календарными планами развития горных работ в технико-экономическом обосновании производства детальной разведки или в техническом задании на реконструкцию шахты (разреза). Нормами технологического проектирования шахт и разрезов предусмотрено, что на месторождениях 1-й группы запасы угля на намеченных проектом участках первоочередной разработки должны быть разведаны в основном по категориям A и B; запасы категории  $C_1$  на них должны составлять не более 20%.

Если месторождение вовлекается в промышленное освоение неполностью, наряду с подсчетом запасов на той части, которая передается для промышленного освоения, должна быть произведена оценка запасов месторождения в целом. На крупных месторождениях производится дополнительная оценка только тех их частей, которые непосредственно прилегают к намечаемому для освоения участку и могут быть вовлечены в эксплуатацию данным предприятием с учетом перспективного плана его развития.

При проектировании горнодобывающих предприятий для определения возможных перспектив их развития в дальнейшем (установления наибольшей глубины и площади разработки, выбора способа вскрытия и места заложения шахтных стволов, определения контуров карьера и зон обрушения, расположения сооружений, подъездных путей и отвалов), а также с целью более полного использования минеральных ресурсов должны учитываться запасы категории  $C_2$  и забалансовые.

Соотношение запасов различных категорий на разрабатываемых месторождениях устанавливается в каждом отдельном случае проектными институтами и предприятиями, осуществляющими эксплуатацию месторождений, исходя

из необходимости обеспечения нормального ведения горно-подготовительных и очистных работ в соответствии с производственными планами предприятий. Допускается использование при проектировании развития горно-эксплуатационных работ (без реконструкции горнодобывающего предприятия), апробированных соответствующими отраслевыми министерствами оперативных пересчетов запасов по результатам доразведки и эксплуатационной разведки, приведшим к приросту или изменению категорий запасов, утвержденных ГКЗ СССР (ГКЗ).

#### § 17. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

В основе геологических исследований, проводимых с целью обнаружения новых месторождений полезных ископаемых и подготовки их для промышленного освоения, лежит принцип последовательного приближения прогноза о геологическом строении месторождения, формах и условиях залегания тел полезных ископаемых, качестве сырья и горнотехнических условиях эксплуатации к реальным данным с повышением степени достоверности материалов и точности соответствующих построений и расчетов.

Длительный во времени поисково-разведочный процесс, результаты которого являются базой для геолого-экономической оценки выявленных месторождений и проектирования строительства горнодобывающих предприятий, принято подразделять на три основные стадии: поисковую, предварительную и детальную.

**Поисковые работы** на уголь проводятся с целью выявления новых месторождений и перспективной оценки площадей, в пределах которых по прямым или косвенным геологическим предпосылкам предполагается наличие промышленной угленосности. На крупных месторождениях или в геолого-промышленных районах известных бассейнов поисковые работы проводятся на незатронутых разведочными работами площадях, смежных с изученными. В некоторых случаях перед поисками на заведомо угленосных площадях ставятся специализированные задачи — выявление участков, пригодных для отработки углей открытым способом, или площадей распространения пластов с углями определенного качества и т. п.

Целесообразность постановки поисковых работ в том или другом конкретном районе обуславливается совокупностью общих природных и экономических факторов — географическим расположением района исследований, общими перспективами его развития, необходимостью удовлетворения текущей и перспективной потребности в углях в данном и смежных районах, предполагаемыми особенностями качества углей и горнотехнических условий их разработки. При оценке промышленной значимости выявленной угленосности, и в частности подсчете запасов, используются кондиции, установленные для известных аналогичных угольных месторождений.

Перспективная оценка выявленных месторождений (угленосных площадей) по результатам поисковых работ обычно имеет общий характер. Геологические представления о вновь выявленном месторождении или об опосредованной площади в пределах крупного месторождения (угленосного района) основаны, как правило, на редкой сети точек непосредственных наблюдений, а главным образом на аналогии с известными месторождениями, обладающими сходными стратиграфическими, литологическими и структурными особенностями. Детализировать на поисковой стадии работ данные о выдержанности разреза угленос-

ной толщи, пространственном распространении отдельных угольных пластов и условиях их залегания, количестве балансовых запасов и их размещении, горнотехнических особенностях месторождения нецелесообразно. Это резко снизило бы эффективность поисков по широте охвата ими перспективных угленосных площадей и по темпам производства, по быстроте получения материалов для планирования возможного развития угледобычи в исследуемом районе и для проведения дальнейших разведочных работ. Углубленное изучение деталей геологического строения месторождения (или какой-то его части) при благоприятных результатах поисковых работ является задачей последующих стадий разведки.

Результаты поисковых работ используются при рассмотрении перспектив развития угледобычи, а также при планировании разведочных работ и составлении проектов предварительной разведки выявленных месторождений.

**Предварительная разведка** является важнейшим этапом процесса разведочных работ. По ее результатам устанавливаются промышленная ценность месторождения, целесообразность постановки детальной разведки, направление, объем и характер последующих исследований.

Постановка предварительной разведки обосновывается теми же общими экономическими критериями и природными особенностями выявленных при поисках месторождений (угленосных площадей). Объектом исследований на стадии предварительной разведки является месторождение в его геологических границах, а при крупных размерах площадей распространения промышленной угленосности — их части с размерами, обеспечивающими возможность выделения для последующей детальной разведки одного или нескольких шахтных (карьерных) полей типовых для аналогичных по геологическому строению месторождений.

В случаях, когда в результате проведенных работ установлено, что месторождение (оцениваемая площадь) является непромышленным или неблагоприятным для промышленного освоения вследствие слабой угленасыщенности, сложной тектоники, низкого качества углей или горно-геологических условий, предварительная стадия является завершающим этапом разведочных работ. При положительных результатах предварительной разведки ее результаты являются основой для установления направления, характера и объемов исследований в стадии детальной разведки, для выбора наиболее рациональной системы взаимного расположения разведочных выработок, расстояний между ними, глубин разведки, методики опробования и изучения качества угля, специальных технологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и других исследований.

По результатам предварительной разведки составляются технико-экономические обоснования кондиций для подсчета запасов, комплексные проекты промышленного освоения месторождения, проекты детальной разведки намеченных для освоения объектов.

**Детальная разведка** производится только на тех месторождениях, которые по результатам предварительной разведки на основании технико-экономических расчетов признаны пригодными для промышленного освоения.

В технико-экономических докладах (ТЭД) или обоснованиях (ТЭО) производства детальной разведки, составляемых по материалам предварительной разведки, ориентировочно устанавливаются: способ вскрытия и система разработки разведываемого объекта, технические границы и возможная производственная мощность шахты (карьера), размещение и календарные сроки отработки площадей первоочередного освоения, возможные потребители угля.

и основные требования к его качеству, примерные капитальные затраты на строительство шахты (карьера) и ориентировочная себестоимость добычи угля. Разрабатываются временные кондиции для оперативного подсчета запасов угля.

Технико-экономическими расчетами устанавливаются целесообразность промышленного освоения месторождения (участка) и его детальной разведки, а также сроки производства разведочных работ.

Составляемые ТЭД (ТЭО) имеют существенное значение для методики производства детальной разведки. Принятые в них решения об очередности вскрытия и отработки отдельных пластов, местоположении стволов, разрезных траншей, участков первоочередной отработки, требования к изучению особенностей качества угля и специфичных для разведываемого объекта горно-геологических условий используются при составлении проекта детальной разведки как основные критерии для выбора местоположения разведочных выработок, установления их глубин и целей проходки.

В процессе детальной разведки с учетом принятых в ТЭД (ТЭО) решений уточняются детали геологического строения месторождения (участка), его структурные особенности, морфология и условия залегания угольных пластов, намечаемых к разработке, качество углей, горно-геологические условия будущей эксплуатации.

Материалы детальной разведки используются для технико-экономического обоснования кондиций и на месторождениях (участках), подготовленных для промышленного освоения, служат основой проектирования и выделения капиталовложений на строительство горнодобывающих предприятий.

Необходимость соблюдения стадийности поисково-разведочных работ обуславливается как организационными причинами, так и экономическими критериями. Более детальные разведочные работы всегда сопровождаются большими затратами труда, технических средств и времени. Своевременное прекращение работ на заведомо непромышленных объектах, приостановка или сокращение объемов исследований на месторождениях или их частях, которые не будут вовлекаться в промышленное освоение в ближайшем будущем, сокращают непроизводительные затраты и высвобождают средства и время на производство других необходимых работ. Последовательное накопление сведений о горно-геологических особенностях месторождения, запасах и качестве полезного ископаемого и поэтапное обобщение материалов используются планирующими проектными, строительными и эксплуатационными организациями. Эти обобщения позволяют также своевременно вносить коррективы в принятые направления и методику разведочных и исследовательских работ, более рационально определять взаимное расположение разведочных выработок, их цели, последовательность проходки, совершенствовать технические приемы и повышать качество разведочных работ. Нарушение принципа стадийности и невыполнение на какой-то стадии поставленных перед нею задач приводит к неоправданым трудностям в организации разведочных работ, возрастанию сроков их осуществления, выбору неправильных проектных решений освоения месторождения, осложнениям процесса строительства и эксплуатации.

#### § 18. КОНДИЦИИ НА МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ

Кондиции на минеральное сырье разрабатываются для определения промышленной ценности месторождений (участков) и подсчета в них запасов полезных ископаемых. Они представляют собой совокупность требований к качеству полезных ископаемых в недрах, горно-геологическим и иным условиям разработки, соблюдение которых при оконтуривании и подсчете запасов позво-

ляет правильно разделить запасы полезных ископаемых по их народнохозяйственному значению на балансовые и забалансовые. Кондиции выражаются в предельных параметрах натуральных показателей качества, количества и других свойств полезных ископаемых, при которых в определенных горно-технических и географо-экономических условиях эксплуатации капитальные и эксплуатационные затраты являются приемлемыми для данного района или в целом по отрасли народного хозяйства страны. Кондиции на минеральное сырье устанавливаются постоянные и временные.

Временные кондиции утверждаются соответствующими отраслевыми министерствами по результатам проведенной на месторождении (участке) предварительной разведки. Разработка временных кондиций производится обычно в технико-экономическом обосновании целесообразности производства на месторождении (участке) детальной разведки. Параметры временных кондиций используются для оперативного подсчета предварительно разведанных запасов и в процессе ведения детальной разведки. В практике геолого-промышленной оценки участков, находящихся в пределах разрабатываемых угольных месторождений и угленосных районов крупных угольных бассейнов, для этой цели обычно принимаются основные параметры кондиций, утвержденных в целом для соответствующего бассейна (крупного месторождения).

Постоянные кондиции разрабатываются по результатам детальной разведки, а для эксплуатируемых месторождений — по данным разведки и материалам эксплуатационных работ. Они должны обеспечивать объективную геолого-экономическую оценку запасов минерального сырья в недрах и помимо использования при подсчете и утверждении запасов минерального сырья учитываются также при разработке проектов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, планировании и проведении горно-эксплуатационных работ и решении вопросов, связанных с охраной недр.

Постоянные кондиции составляются для всех месторождений, на базе которых намечается проектирование строительства новых или реконструкции действующих горнодобывающих предприятий; при этом степень разведанности месторождения или его части, намечаемой к разработке, технологическая изученность основных и попутных компонентов должна обеспечивать возможность составления проекта его освоения и выделения капиталовложений на строительство нового и реконструкцию действующего горнодобывающего предприятия. По эксплуатируемым месторождениям пересчет запасов, производимый в результате доразведки, в случаях, когда он не сопровождается существенным изменением в количестве ранее утвержденных балансовых запасов, может осуществляться по действующим кондициям. В тех случаях, когда уменьшение запасов из-за списания по геологическим или горнотехническим причинам превышает 20% от ранее утвержденных в пределах горного отвода, пересчету запасов должно предшествовать обоснование укрупненными расчетами параметров действующих кондиций или разработка проекта новых кондиций.

Содержание и порядок представления на утверждение технико-экономических обоснований постоянных кондиций для подсчета запасов полезных ископаемых определены инструкцией Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (ГКЗ СССР), временных кондиций — инструкциями соответствующих отраслевых министерств.

**Общие положения по разработке постоянных кондиций.** При выполнении технико-экономических обоснований и расчетов отдельных параметров кондиций необходимо исходить из максимально возможного приближения к реальным условиям работы предприятия. Обязательным является обоснование:

— оптимальной производственной мощности будущего предприятия, его состава и режима работы, исходя из количества балансовых и промышленных запасов категорий  $A + B + C_1$  и горно-геологических условий их залегания. Запасы категории  $C_2$ , а также забалансовые принимаются во внимание для оценки возможности дальнейшего развития горнодобывающего предприятия, а также при выборе территории для размещения отвалов пустых пород, хвостохранилищ, застройки объектами производственного, жилищного и соцкультурного назначения и решения других вопросов, связанных с разработкой месторождения. Для геологически сложных месторождений с ограниченными запасами, где возможны существенные изменения при эксплуатации их промышленного значения и количества, обоснование мощности предприятия, срока его эксплуатации, выбор аналогов для расчета технико-экономических показателей должны производиться с особой тщательностью;

— принятой передовой технологии добычи и переработки данного вида минерального сырья; технологической возможности и экономической целесообразности промышленного извлечения попутных полезных ископаемых (включая вскрышные породы и отходы сортировки — обогащения) и ценных компонентов. При наличии на месторождении забалансовых запасов применяемая технология добычных работ должна обеспечивать сохранность этих запасов в недрах (или спецотвалах) для последующего их использования. Принятие способа отработки балансовых запасов, не обеспечивающего возможности отработки впоследствии забалансовых запасов, требует специального экономического обоснования;

— главных технологических показателей: качества добываемого сырья, продуктов обогащения, содержания и извлечения основных и попутных компонентов. Получение кондиционных концентратов должно быть подтверждено положительными результатами технологических испытаний исследуемых пластов на представительных пробах или доказанной возможностью использования данных по разрабатываемым пластам-аналогам.

При выполнении расчетов капитальных вложений в промышленное строительство или на реконструкцию и эксплуатационных затрат следует использовать опыт утверждения проектов строительства аналогичных предприятий или действующих предприятий-аналогов, типовые проекты, укрупненные сметные нормы и другие нормативы, утвержденные в установленном порядке с внесением в них необходимых поправок и дополнений на местные условия осуществления строительства и эксплуатации данного предприятия. Обязательным является обоснование принятых аналогов, а также сопоставление основных экономических и технологических показателей с показателями строительства и эксплуатации лучших аналогичных предприятий отрасли.

Разработка кондиций решает две основные задачи:

1) определение промышленной ценности месторождения (участка) и сопоставление полученных технико-экономических показателей его освоения с аналогичными показателями освоения других месторождений (участков) в отрасли, экономическом районе (конкурентоспособность объекта);

2) установление оптимальных параметров для подсчета запасов. Для месторождений угля кондициями предусматриваются и обосновываются следующие параметры:

а) минимальная истинная мощность пластов угля, а в пластах сложного строения — частей пласта, подлежащих самостоятельной отработке и подсчету запасов; для пластов сложного строения и селективно обрабатываемых их частей мощность определяется по сумме вынимаемых совместно угольных и внут-

рипластовых породных прослоев; для тонких угольных пластов, отработка которых намечена с присечкой пород кровли или почвы пласта, — по суммарной мощности пласта и присекаемых пород;

б) максимальная мощность породных прослоев, включаемых в пласт сложного строения при валовой его выемке, и минимальная мощность породных прослоев, подлежащих селективной выемке и разделяющих пласт на части, подлежащие самостоятельной промышленной оценке;

в) максимальная материнская зольность угля —  $A^c$  для пластов сложного строения (или их частей, подлежащих селективной выемке) и тонких пластов, намечаемых к отработке с присечкой боковых пород, дополнительно — максимальная зольность по пластопересечению с учетом засорения угля внутрипластовыми породными прослоями, в частных случаях — также породами кровли и почвы пласта;

г) специальные требования к качеству углей помимо показателей, регламентированных действующими ГОСТ для соответствующих направлений их использования применительно к специфическим условиям технологии их переработки и использования;

д) требования к гидрогеологическим, инженерно-геологическим и горно-техническим условиям разработки месторождения, к промышленной оценке пластов (участков, блоков) с особо сложными горно-геологическими условиями разработки вследствие малого количества запасов, разобщенности площадей промышленного распространения пластов, интенсивной нарушенности и других причин, осложняющих ведение горных работ, предельная глубина отработки пластов: для открытого способа дополнительно предельные коэффициенты вскрыши.

При расчете кондиций обязательному учету подлежит возможность реализации попутно получаемых полезных ископаемых, пригодных в дальнейшем для промышленного использования. Промышленная оценка и расчет кондиций для подсчета запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с утвержденными ГКЗ СССР «Временными требованиями к подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов в рудах и других видах минерального сырья».

При наличии на месторождении значительного количества углей, не отвечающих требованиям кондиций для подсчета балансовых запасов, должны разрабатываться параметры кондиций для подсчета забалансовых запасов с учетом перспектив вовлечения их в отработку на основе повышения производительности труда, совершенствования техники и технологии добычи и переработки сырья.

**Порядок определения показателей кондиций.** Оптимальные параметры кондиций определяются методом вариантов. В числе рассматриваемых вариантов должны быть такие, по которым значения основных параметров кондиций задаются большими и меньшими предположительно оптимальных.

Наиболее целесообразна следующая последовательность определения отдельных показателей кондиций.

Производится начальное оконтуривание площадей распространения пластов угля в границах намечаемого шахтного (карьерного) поля. При оконтуривании учитываются четко проявляющиеся геологические факторы — выходы пластов под покровные отложения, границы зон окисления и выветривания углей, многолетней мерзлоты, тектонические элементы (оси складок, разрывные нарушения и т. п.), основные элементы рельефа и ситуации поверхности — берега водоемов, линии железнодорожных магистралей, населенные пункты,

а также намечаемые границы горных отводов по глубине от поверхности (горизонты, изолинии глубин). Для оконтуривания на участках генетического выклинивания пластов, расщепления и замещения угля породой принимаются минимальные значения мощности пласта и качества угля, используемые в бассейне (районе) для подсчета забалансовых запасов, для новых месторождений (районов) — в аналогичных геологических условиях.

По нескольким вариантам предельных значений мощности пластов, зольности угля определяются формы, размеры и сплошность площадей распространения каждого пласта, заключенные в них запасы угля, а также суммарные запасы по шахтному (карьерному) полю.

Выделяются участки с особо сложными горно-геологическими условиями разработки вследствие локального усложнения морфологии пласта, его разрывов, замещения угля породой, интенсивного проявления мелкоамплитудной нарушенности, повышенной сложности гидрогеологических и горно-геологических условий, ограниченности запасов либо большого удаления от основной площади развития горных работ. Методами вариантов или укрупненными технико-экономическими расчетами устанавливается целесообразность отработки запасов в таких участках.

В соответствии с «Основными направлениями и нормами технологического проектирования угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик» (1973) устанавливаются наиболее рациональные способы вскрытия, системы подготовки и разработки, возможности механизации очистных работ, последовательность отработки пластов, количество очистных забоев и (укрупненные) объемы горных работ, необходимые для расчета капитальных и эксплуатационных затрат. С учетом принятых технических решений и горно-геологических условий разработки для каждого варианта кондиций определяется производительность будущего предприятия и производится расчет технико-экономических показателей его работы. Путем сопоставления и анализа различных вариантов мощностей предприятия, общих и удельных капитальных затрат, себестоимости добычи и других технико-экономических данных выбирается оптимальный вариант минимальной мощности пластов, максимальной зольности угля и уточняются остальные показатели кондиций.

При формировании и анализе вариантов следует иметь в виду, что оптимальные показатели мощности пластов и зольности угля обычно имеют тесную взаимосвязь. Принимаемые решения должны учитывать совокупное влияние этих показателей на количество запасов, качество угля и горно-геологические параметры. Так, в некоторых случаях среднеластовая зольность угля пластов сложного строения значительно превышает допустимую для промышленного использования. Но при некотором снижении подсчетной мощности такого пласта за счет исключения разубоженных или высокозольных пачек зольность угля по нему может соответствовать нормативной. В других случаях повышение норматива кондиций по зольности позволяет повысить до кондиционных пределов мощность пласта при включении в нее высокозольных прикровельных или припочвенных слоев.

Окончательно принимаемый вариант должен исходить из совместного оптимального соотношения значений этих параметров.

**Мощность пласта**, как норматив кондиций определяется по нормали от его кровли до почвы, для пластов сложного строения — включая внутрипластовые породные прослои, вынимаемые совместно с углем.

При выборе оптимального значения величины минимальной мощности пласта учитываются:

глубина и условия залегания (угол падения) пластов, в значительной мере определяющие способ и системы разработки месторождения;

сложность морфологии пласта и степень изменчивости его мощности и строения по простиранию и падению; пространственное размещение участков с пониженной мощностью пласта, размер этих участков, геологические причины, обусловившие снижение мощностей;

крепость угля, крепость и устойчивость вмещающих пород, определяющие возможность применения тех или иных систем разработки и выбор оборудования для механизации добычи;

повышенная газоопасность и водообильность месторождения и другие факторы, требующие особых мероприятий при проведении горных работ.

При установлении минимального значения мощности весьма тонких и тонких пластов должны также учитываться габариты очистных выработок при механизированной выемке их оборудованием, освоенным или предусмотренным к применению в утвержденных проектах новых предприятий, прогрессивные системы разработки, обеспечивающие максимальную полноту выемки запасов (безлюдные системы разработки, выемка угля с присечкой вмещающих угольный пласт пород), качество угля (дефицитность по марочному составу, технологическим свойствам, содержанию вредных примесей). Для пластов мощностью более 0,7 м возможности безлюдной выемки и отработки угля с присечкой вмещающих пород обычно не рассматриваются.

Различия в вариантах минимальной мощности тонких пластов должны быть наименьшими и обычно принимаются равными 0,05—0,10 м; для пластов средней мощности и мощных интервал между вариантами принимается большим (0,2 м и более).

Для пластов сложного строения устанавливается минимальная мощность селективно вынимаемых породных прослоев. При этом учитываются: пространственная выдержанность таких прослоев, технические средства, позволяющие осуществить их селективную отработку, горно-геологические условия и экономические показатели работ. Для случаев локального расщепления пластов (по единичным выработкам) устанавливается порядок подсчета отщепленных частей пласта.

**Предельная зольность угля**, как и мощность пласта, устанавливается для пластопересечения. При этом анализируется пространственное размещение экстремальных (для промышленной оценки) значений этого показателя на оцениваемой площади и их влияние на усредненные для шахтного (карьерного) поля, пласта и отдельных его участков (блоков) величины зольности угля.

В случаях, когда значения этих показателей в отдельных пересечениях на всей оцениваемой площади сравнительно выдержаны и заведомо удовлетворяют требованиям ГОСТ для намечаемого направления использования углей, повариантные расчеты могут не составляться, и предельные их величины устанавливаются по экстремальным значениям в единичных пересечениях. При резких колебаниях зольности в пластопересечениях оптимальные значения определяются путем сопоставления нескольких вариантов, близких по значению к предельному для данного назначения промышленного использования (обычно с различиями  $A_c$  в 5—10%) и анализа влияния этого показателя на изменение запасов, конфигурацию и размеры площадей промышленного распространения пластов и на усредненные величины показателей качества угля по пластам и месторождению (участку) в целом.

Для пластов простого строения принимаемая в кондициях величина максимальной зольности угля по пластопересечению, как правило, не должна



превышать предела, установленного ГОСТ к соответствующему направлению промышленного использования углей. При наличии единичных пересечений пластов с более высокой зольностью угля целесообразно оговорить в кондициях возможность включения в подсчет прилегающих к таким пересечениям участков, так как исключение из подсчета ограниченных площадей распространения углей с высокой зольностью может существенно усложнить конфигурацию площадей промышленного распространения пластов и ведение эксплуатационных работ. В то же время шихтовка добываемых на таких участках углей с одновременно разрабатываемыми на других участках (пластах) более качественными углями, как правило, обеспечивает выполнение нормативных требований ГОСТ в целом по горнодобывающему предприятию.

Для пластов сложного строения и их самостоятельно разрабатываемых частей, а также для тонких пластов, разработка которых намечается с присечкой пород кровли или почвы, определяется предел максимальной среднепластовой зольности, рассчитанной с учетом засорения угля породой из внутрипластовых прослоев, а для тонких пластов — из присекаемых пород. Максимальная мощность добываемых совместно прослоев породы и степень участия их в засорении угля (и соответственно в расчете среднепластовой зольности) устанавливается кондициями с учетом намечаемого способа отработки.

Кондициями устанавливается предельная зольность угля, с учетом которой производится подразделение пласта сложного строения на угольные и породные слои. Этот показатель необходим для подсчета запасов угля в недрах, производимого согласно классификации запасов без учета разубоживания угля при добыче. Величина его обычно устанавливается исходя из условия, что средневзвешенная по угольным слоям материнская зольность не превысит наибольшей величины, установленной ГОСТ для энергетического использования, но в конкретных случаях этот показатель должен получать соответствующее обоснование.

При установлении оптимального предела среднепластовой максимальной зольности углей должно учитываться: а) наиболее рациональное направление их промышленного использования и необходимость предварительного обогащения; б) технические возможности (эффективность) обогащения углей конкретных пластов и экономические показатели обогащения; в) целесообразность раздельной добычи сырья с различным использованием (с учетом качества и обогатимости) направлением промышленного использования; г) усреднение качества добываемого угля, что позволяет более полно использовать запасы за счет шихтовки углей отдельных пластов при резких различиях в их зольности при соблюдении требований ГОСТ к этим показателям для соответствующих направлений промышленного использования.

Техническая возможность получения заданного выхода кондиционных концентратов обогащения должна быть подтверждена положительными результатами технологических испытаний исследуемых пластов или принимается по данным пластов-аналогов, которые используются также для расчета расходов на обогащение, учитываемых в общих затратах, определяемых при расчете кондиций.

Пригодность углей (сланцев) для различных видов промышленного использования определяется по лимитируемым ГОСТ показателям. В случаях намечаемого использования углей (сланцев) для специального назначения (например, получения из углей монтан-воска, жидкого топлива и т. п.) кондициями устанавливаются соответствующие требования к качеству сырья, определяемые соответствующими заинтересованными организациями.

При наличии на месторождении (участке) попутных полезных ископаемых, залегающих в перекрывающих и подстилающих продуктивную толщу, а также во вмещающих угольные (сланцевые) пласты отложениях, и попутных полезных компонентов в углях (сланцах) устанавливается их промышленная ценность и разрабатываются требования к качеству, технологическим свойствам и горнотехническим условиям отработки этих полезных ископаемых и компонентов. Учитывается возможность промышленного использования отходов производства (хвостов обогащения, шлаков, газообразных, пылевидных продуктов и т. п.).

Промышленное значение и нормативы кондиций для подсчета балансовых запасов попутных полезных ископаемых и компонентов определяются на основе соответствующих технико-экономических расчетов.

**Учет горно-геологических условий.** В контуре запасов, подсчитанных по принятым предельным значениям мощности пластов и качества угля, выделяются участки с особо сложными горно-геологическими условиями разработки вследствие расщепления пластов, локального замещения угля углистыми породами, интенсивного проявления тектонических нарушений (с резкой изменчивостью углов падения, мелкоблочной структурой), резким усложнением гидрогеологических и горно-геологических условий и т. п. Сюда же относятся участки пластов с конфигурацией, не позволяющей применять рациональные системы отработки, и маломощные пласты, значительно удаленные от основных рабочих пластов.

Выделение таких участков производится по принципу горно-геологической и технологической однородности входящей в него части шахтопласта. В состав участка может входить шахтопласт в целом (при однородных горно-геологических условиях) либо его часть со специфическим комплексом горно-геологических условий и одинаковой предполагаемой принципиальной схемой механизации работ в очистных забоях. Оконтуривание локальных частей пласта производится по линиям тектонических нарушений, расщепления пластов, границам охранных целиков под объектами шахтной поверхности, изолиниям полезной мощности пластов, зольности угля и т. п. При этом используется имеющийся опыт отработки аналогичных участков и учитываются конкретные возможности вскрытия, подготовки и разработки выделенных участков.

Для последующего рассмотрения формируются варианты, предусматривающие отказ от разработки того или иного числа участков, выделенных по неблагоприятным горно-геологическим условиям. По одному из вариантов предусматривается полная отработка запасов шахтного поля, по другому — исключение из разработки запасов участка с наихудшими горно-геологическими условиями, по третьему — отказ от разработки запасов угля двух худших участков и т. д.

В случае, когда по отдельным вариантам исключение части участков приводит к необходимости (или целесообразности) пересмотра технологических решений по вскрытию и подготовке шахтного поля, мощности шахты либо решений по обогащению угля, — производится соответствующая перепроектировка.

Для мелких участков решение об отработке или исключении запасов которых не сопровождается ощутимым влиянием на основные технико-экономические показатели работы предприятия, производятся частные укрупненные технико-экономические расчеты с определением затрат на вскрытие и разработку и себестоимости добычи угля. При значительном количестве изолированных и неблагоприятных по горно-геологическим условиям разработки участков с ограниченными запасами угля укрупненными расчетами по некоторым из

них с относительно лучшими условиями устанавливается оптимальный предел минимального для отдельного участка количества запасов, подлежащих отработке.

При составлении проекта кондиций должна быть проверена возможность открытого способа эксплуатационных работ. В первом приближении такая возможность определяется мощностью и характером залегания угольных пластов, гидрогеологическими, инженерно-геологическими условиями месторождений. Одним из ведущих показателей в этом случае является коэффициент вскрыши — соотношение объема пород вскрыши к массе добываемого угля ( $\text{м}^3/\text{т}$ ). Для выбора оптимального решения производится сопоставление технико-экономических показателей при различных вариантах способа разработки месторождения (участка).

При разработке проекта кондиций должны учитываться положения действующих законодательств СССР и союзных республик об использовании земельных, водных и лесных ресурсов, охране природы, разработке и осуществлению мероприятий по обезвреживанию отходов производства. Производятся расчеты расходов на возмещение затрат, связанных с отводом земельного участка, отчуждением недвижимого имущества, переносом инженерных коммуникаций, оплатой стоимости посевов, фруктовых садов и огородов, а также на рекультивацию земель, очистку, сброс или захоронение промышленных отходов.

**Забалансовые запасы.** Минимальная мощность пласта и максимальная зольность угля (минимальная теплота сгорания горючего сланца) для подсчета забалансовых запасов с включением в них запасов участков с особо сложными горно-геологическими условиями устанавливаются с учетом перспектив внедрения более прогрессивных техники и технологии добычи и переработки углей, прогнозных потребностей в углях для конкретного района и отрасли в целом и возможностей их покрытия.

Выделяемые контуры забалансовых запасов должны обеспечивать возможность отработки этих запасов в будущем или хотя бы частичной попутной выемки при добыче балансовых запасов (например, при продвижении фронта горно-эксплуатационных работ через участки с пониженной мощностью пластов или повышенной зольностью угля). При оценке возможной промышленной значимости запасов на площадях, примыкающих к контурам площадей подсчета балансовых запасов, определенных по предельным значениям мощности пластов, зольности углей, следует учитывать возможности снижения требований кондиций по этим показателям вследствие процесса развития техники и технологии добычи и переработки сырья. Целесообразность подсчета забалансовых запасов в приконтурных зонах до прогнозируемых предельных значений указанных показателей решается в каждом конкретном случае с учетом количества этих запасов.

Забалансовые запасы при невозможности сохранности их при принятой системе разработки шахтного (карьерного) поля, например, на площадях, подрабатываемых очистными работами, в пропластках угля, залегающих в кровле мощных пластов сложного строения, во внутрипластовых разубоженных зонах, оставленных при отработке более монолитных частей пласта или отрабатываемых селективно как породная часть пластов, не подсчитываются.

Промышленное значение запасов, находящихся в охранных целиках под крупными водоемами, водотоками, транспортными материалами, нефте(газо)проводами, жилыми, промышленными и другими капитальными сооружениями, обосновывается при разработке кондиций специальными технико-экономиче-

скими расчетами. В этих расчетах учитываются затраты на перенос сооружений или специальные способы отработки запасов.

Рекомендуемые порядок и методика экономических расчетов, обосновывающих оптимальный вариант кондиций для подсчета разведанных запасов углей, изложен в разработанной ЦНИЭИуголь Минуглепрома СССР и ГКЗ СССР «Временных методических указаниях по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов углей и горючих сланцев» (1976).

По мере развития техники, совершенствования технологии добычи и переработки минерального сырья и при создании условий для экономически оправданного перевода забалансовых запасов сырья и попутных полезных ископаемых и ценных компонентов в число балансовых, а также при установлении новых оптовых цен и изменении технических условий и стандартов на товарную продукцию кондиции подлежат периодическому пересмотру.

## ИЗУЧЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

## § 19. ОБЩИЕ ЗАДАЧИ И ПРИНЦИПЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Промышленная значимость месторождения определяется тремя обобщающими критериями: количеством полезного ископаемого, его качеством и условиями залегания.

Количество полезного ископаемого определяется занимаемым им объемом. Поэтому первой задачей разведки является выяснение форм, строения и размеров тел полезных ископаемых, оконтуривание участков их промышленного распространения, установление количественных параметров для проведения подсчета запасов.

Второй задачей разведки является всестороннее и полное изучение химического и минерального состава полезного ископаемого, установление природных типов и промышленных сортов минерального сырья, изучение их технологических свойств, выявление закономерностей пространственной изменчивости основных показателей качества сырья. Исследования качества полезного ископаемого тесно связаны с количественной оценкой его запасов, так как во многих случаях требования к качеству сырья определяют контуры промышленных участков отдельных пластов и в целом месторождения.

Третья задача разведки — изучение горно-геологических особенностей месторождения: установление глубины залегания тел полезного ископаемого и закономерностей в изменении их морфологии, исследования литологического состава и физико-механических свойств перекрывающих и вмещающих тела полезных ископаемых горных пород, изучение тектоники месторождения, гидрогеологических и горнотехнических его особенностей.

Все геологические параметры обладают выраженной в различной степени природной изменчивостью. Методика и техника разведочных работ подчинены целям выяснения закономерностей этой изменчивости. По расположенным в какой-то определенной системе единичным точкам наблюдений (замеров) и опробования должен быть дан научно обоснованный геологический прогноз закономерностей изменчивости, средних величин и пределов колебаний основных показателей на изученной площади месторождения с максимальной степенью приближенности такого предвидения к реальным условиям.

Геологический прогноз основывается прежде всего на представлениях об истории формирования месторождений полезных ископаемых и последующих их изменениях под влиянием эпигенетических процессов. Образование месторождения в целом и составляющих его тел полезного ископаемого (залей, пластов) является следствием сложного взаимодействия многообразных геологических процессов. В принципе каждое месторождение обладает свойственными только ему специфическими не повторяемыми особенностями геологического строения. Но генетически однотипные месторождения имеют сходство в литологическом составе и строении продуктивных толщ, тектонике, морфологии

и условиях залегания тел полезного ископаемого, минеральном составе и свойствах минерального сырья, в закономерностях изменчивости качественных и количественных критериев, характеризующих горно-геологические особенности.

Представления о характере проявления указанных параметров и закономерностях их изменчивости создаются на базе накопленного опыта разведки и эксплуатации, проверяются и уточняются при обобщении и анализе данных наблюдений, замеров и анализов, полученных непосредственно на разведываемом объекте при ведении поисковых и разведочных работ. Многолетний опыт производства разведочных и эксплуатационных работ по различным видам минерального сырья и научно-теоретические обобщения их результатов используются для проектирования поисково-разведочных работ, выбора рациональных технических средств разведки, характера разведочной сети и установления оптимальной плотности точек наблюдений, необходимой для получения достаточной для той или другой стадии работ информации, а также при установлении тех пределов изученности месторождения (участка), за которыми производство работ на данной стадии становится нецелесообразным.

Подбор аналогов разведываемым объектам из фонда детально изученных месторождений и участков, создание рабочих гипотез, проверка которых осуществляется разведочными средствами, интерполяция и экстраполяция природных свойств по геофизическим материалам, наблюдениям и исследованиям в естественных и искусственных обнажениях, геометризация геологических особенностей месторождения и параметров, определяющих его промышленную оценку, — все эти основные методы, используемые в процессе проектирования и производства геологоразведочных работ, являются геологическими методами.

Вспомогательные аналитические, статистические методы, методы разрежения сети, сопоставления данных разведки и эксплуатации и др., по существу также основаны на методе аналогии — переносе результатов детального исследования какого-либо участка на намеченные к разведке аналогичные по геологическому строению объекты. Использование этих методов для установления характера и степени изменчивости некоторых параметров оказывают существенную помощь при обработке и интерпретации результатов работ на уже разведанной площади. Они создают основу меры и принципов объективной качественной и количественной оценки исследуемых параметров, погрешностей пределов их колебаний и средних величин.

Привлечение указанных методов для обоснования рациональной плотности разведочной сети на намечаемой к разведке площади, на наш взгляд, должно производиться весьма осторожно и только для наиболее простых случаев. Предположение о том, что на вновь изучаемом объекте будет получена та же точность в определении степени изменчивости тождественных параметров, как и на изученном, при любом математическом выражении не выходит за рамки обычного упрощенного прогноза с субъективным подбором аналогов. Аналитические и статистические методы не устанавливают сами по себе характер изменчивости, пространственное размещение аномалий и их абсолютную размерность. Прогноз характера изменчивости основных параметров геолого-промышленной оценки и допустимая размерность интерполяции или экстраполяции фактических наблюдений на неизученные площади — задача чисто геологическая; математические методы для ее решения могут использоваться лишь как вспомогательные с существенными ограничениями.

Методика производства поисковых и разведочных работ на уголь (выбор технических средств геологического изучения, пространственное расположение разведочных выработок, их глубины, последовательность заложения)

и задачи, которые при этом ставятся, определяются природными особенностями конкретных месторождений (угленосных площадей). К ним относятся: климат и орография района работ, степень обнаженности коренных пород, мощность покровных отложений и угленосной толщи, количество угольных пластов, их расположение в разрезе, мощность, строение и выдержанность этих параметров, особенности тектоники и качества углей.

Значение каждого из перечисленных природных факторов для решения методических вопросов должно рассматриваться во взаимном сочетании с влиянием других факторов, так как различные природные особенности месторождения могут и одинаково и различно влиять на рациональную густоту разведочной сети, на проектную глубину разведочных выработок, на их характер и взаимное расположение, на направление и объемы необходимых исследований. Некоторые из них, например климатические и орографические особенности, оказывают влияние на методику и технику производства разведочных работ на всех стадиях поисково-разведочного процесса. Так, расчлененный рельеф поверхности, застроенность, залесенность или заболоченность площади часто не позволяют выдержать намеченную методически оправданную систему расположения разведочных выработок. Небольшая мощность покровных отложений и непосредственная обнаженность пород угленосной толщи создают благоприятные условия для широкого использования на всех стадиях работ геологического картирования и горно-разведочных выработок. Наоборот, наличие мощного покрова пород над угленосной толщей ограничивает производство исследований возможностями колонкового бурения и геофизических методов исследований.

Собственно геологические особенности объекта исследований, такие как мощность угленосной толщи, характер угленасыщенности, структурные особенности залегания угленосных пород и качество угля, находятся, как отмечено выше, в тесной связи с генезисом месторождения — совокупностью геологических процессов, обусловивших специфику угленакопления, природных свойств углей и тектонику месторождений. Охват одними и теми же геологическими процессами значительных территорий (бассейнов в целом или их частей), принципиальное сходство в характере геотектонических режимов и палеогеографических условий углеобразования, а также последующих эпигенетических воздействий на угленосные формации, проявившихся в различных районах, определили близость многих черт геологического строения месторождений, находящихся не только в границах единого бассейна, но и значительно удаленных друг от друга. Это обстоятельство позволяет широко использовать в практике геологического изучения огромный накопленный при разведке и промышленном освоении опыт как для выбора объектов исследований, так и для рационального проведения поисковых и разведочных работ. Так, в мощных (несколько километров) разрезах угленосных формаций, приуроченных к крайним прогибам, а также к унаследованным прогибам и наложенным впадинам на складчатом основании геосинклинальных систем, основное промышленное значение имеют те интервалы разреза (горизонты), в которых залегают сближенные наиболее мощные и пространственно выдержанные пласты высококачественных углей.

В Донецком бассейне такими промышленными горизонтами являются почти повсеместно свита  $C_2^5$  и на значительных площадях свиты  $C_1^3$ ,  $C_2^3$ ,  $C_2^4$ ,  $C_2^6$ ,  $C_2^7$  (см. рис. 4). Промышленная значимость месторождений и угленосных площадей в Печорском бассейне связана с пакетом N и, частично (в Интинском районе), с отложениями верхневоркутской свиты. В Карагандинском бассейне наиболее

ценными являются угольные пласты, залегающие в средней части разреза карагандинской свиты (пласты  $k_7$ — $k_{14}$ ), в долинской и низах (до пласта  $t_3$ ) тектеской свит, в Кузнецком бассейне — в кемеровской и усятской подсвитах верхнебалахонской свиты, а также в грамотейнской и тайлуганской подсвитах ерунаковской свиты (см. рис. 5).

В Минусинском бассейне наиболее угленасыщенными являются верхние горизонты черногорской и нарылковской свит, в Буреинском — средние горизонты ургальской свиты. На геолого-промышленную оценку этих частей разреза угленосных формаций указанных бассейнов, мощность которых составляет обычно несколько сотен (максимум до 1000) метров, в основном направлены современные поисковые и разведочные работы.

В бассейнах высококачественных углей решающее значение для выбора объектов геологических исследований имеет количество, мощность пластов, их сближенность в разрезе и пространственная выдержанность. Пространственное размещение наиболее выдержанных пластов и особенности качества и технологических свойств углей определяют выбор объектов для постановки поисковых и разведочных работ и остальные природные факторы, которые должны учитываться при решении методических вопросов (глубина залегания, тектоника, горно-геологические особенности месторождения).

Промышленная значимость месторождений, приуроченных к древним и молодым платформам, во многом определяется качеством углей. Угли платформенных месторождений обычно слабо метаморфизованы (в массе бурые). Пониженные калорийность и теплотехнические свойства этих углей отражаются на экономических показателях их использования и соответственно на рентабельности работы горных предприятий. Поэтому подземный способ разработки платформенных месторождений осуществляется только в районах с напряженным топливным дефицитом и исторически сложившимся опытом такой эксплуатации.

Освоение новых месторождений (участков) и соответственно разведочные работы даже на многопластовых месторождениях бурых углей (например, Канско-Ачинского бассейна) проводятся, как правило, на площадях с неглубоко залегающими мощными пластами угля, пригодными для карьерной разработки. Ориентация поисковых и разведочных работ направлена на выявление и изучение именно таких пластов. Нижележащие пласты, имеющие рабочее значение, но не предусматриваемые к отработке карьером, в этом случае не разведываются; по ним производится лишь общая перспективная оценка. Маломощные пласты, залегающие над мощными и между ними, оцениваются попутно по данным разведочной сети, заложенной для изучения мощных пластов. Месторождения, связанные с посторогенными впадинами и некоторыми унаследованными мульдами, содержат каменные или переходные от бурых к каменным угли, разрабатываемые подземным способом. Объектами изучения в этих месторождениях являются все рабочие пласты, заключенные в разрезе угленосных толщ.

В массе своей платформенные месторождения характеризуются относительно простыми структурными формами залегания, осложненными проявляющейся в различной степени волнистостью гипсометрии почвы угольных пластов, мелкоамплитудной нарушенностью и небольшим количеством региональных разрывов. Для методики разведки этих месторождений ведущую роль играют морфологические особенности угольных пластов; тектонический фактор имеет здесь подчиненное значение.

Для платформенных месторождений, связанных с посторогенными впадинами (Челябинский, Тургайский, Угловской бассейны), а также месторождений

Тунгусского бассейна характерно интенсивное проявление разрывных нарушений, и ведущим природным фактором разведки в этом случае является тектоника разведываемых площадей.

Различия в геологических задачах, решаемых на отдельных этапах поисково-разведочного процесса, отражаются в последовательном постадийном изменении ряда принципиальных положений в методическом подходе к геологическому изучению месторождений, в частности:

относительного влияния на методику разведочных работ различных геологических факторов;

размеров площадей, охватываемых геологическими исследованиями;

степени использования метода аналогии для прогноза горно-геологических особенностей месторождения при производстве разведочных работ и обработке их результатов.

Для поисковой стадии работ, имеющей целью оценить перспективность изучаемого района (площадей, примыкающих к разведанным частям крупных месторождений) и выявить объекты для постановки предварительной разведки, решающее значение имеют орографические особенности района работ, мощность покровных отложений, наличие естественных обнажений и структурные особенности района, позволяющие использовать геофизические методы разведки.

Исследованиями охватываются значительные площади, границы которых определяются стратиграфическими, литологическими и тектоническими предпосылками возможного наличия промышленной угленосности.

Основой для пространственного размещения выработок и для оценки результатов исследований являются общие геологические представления о групповой принадлежности угленосных формаций к тому или иному генетическому типу. Сравнительно незначительный объем данных, полученных при вскрытии и опробовании полезного ископаемого в далеко расположенных друг от друга выработках, особенно в случаях ограниченных возможностей производства детальной геологической съемки, сам по себе не может явиться материалом для суждения о морфологических особенностях месторождения и перспективах угленосности. Для этой цели используются представления о геологических особенностях района работ и те характерные геологические признаки, которые свойственны различным генетическим группам угленосных формаций. Полученные по единичным замерам и наблюдениям хотя и ограниченные данные о мощности, составе и строении угленосных отложений, угленасыщенности разреза, характере перехода угленосной толщи к подстилающим ее горизонтам, метаморфизме углей, степени нарушенности условий залегания, позволяют установить генетический тип месторождения. А использование аналогии с известными месторождениями того же генетического типа позволяют прогнозировать другие характерные признаки (например выдержанность пластов, структурные особенности) и, таким образом, оценивать масштаб месторождения и его перспективную промышленную ценность. Подобные прогнозы и заключения облегчены для площадей, находящихся на территории известных крупных бассейнов, для которых накоплен материал о взаимосвязи особенностей месторождений с генезисом угленосных формаций. Конечно, и в этом случае следует учитывать приуроченность выявленной угленосности к определенным стратиграфическим горизонтам и зональность в проявлении различных частных геотектонических режимов на территории бассейнов.

На предварительной стадии работ площадь исследований сокращается и ограничивается геологическими контурами месторождения,

установленными в результате проведения поисковых работ, или наличием каких-то существенных преимуществ локальной части выявленного месторождения перед другими его частями. Для получения представлений о сравнительной промышленной значимости отдельных частей месторождения, установления специфических особенностей их геологического строения, горно-геологических условий и качества угля в принципе соблюдается равномерное изучение всей разведываемой площади.

Ведущими природными факторами, определяющими проектное расположение разведочных выработок и их глубины, являются морфологические особенности месторождения: мощность угленосных отложений или наиболее угленасыщенной их части, количество пластов и распределение их в разрезе, элементы залегания угленосных пород. В начальном периоде предварительной стадии разведки, как и при осуществлении поисковых работ, широко используются представления о генезисе месторождения и перенос данных с более изученных площадей месторождения (района) на разведываемый объект. Они создают основу для выбора системы, густоты расположения и глубин разведочных выработок, которыми проверяются создавшиеся представления об общих структурных особенностях месторождения (участка), о характере проявления угленосности и качестве углей.

Но поскольку результаты предварительной разведки должны с достаточной точностью определить промышленную ценность разведываемого объекта и создать базу для проектирования детальной разведки, выводы и предложения в этой части должны основываться на конкретных данных по непосредственным точкам наблюдений. Геологическая информация, полученная в результате предварительной разведки, должна обеспечить достаточно полную характеристику тех специфических природных особенностей месторождения, которые могут иметь решающее значение при рассмотрении вопросов о целесообразности постановки детальной разведки и для установления основных направлений, методики и объемов последующих исследований.

Детальная разведка осуществляется в границах, установленных технико-экономическим обоснованием ее производства, необходимые изменения согласовываются в процессе производства работ с заинтересованными проектными и эксплуатационными организациями.

Конкретными объектами разработки в разрезе угленосной толщи являются угольные пласты, и ведущими природными факторами на стадии детальной разведки являются: выдержанность морфологии угольных пластов и горно-геологические условия их залегания — прежде всего тектоника разведываемой площади.

Необходимость детального изучения горно-геологических условий разработки конкретных пластов предопределяет отказ от рекомендуемых для повсеместного применения регламентированных разведочных сетей, исходящих из принципов равномерного размещения выработок на разведываемой площади, получаемого последовательным сгущением выработок по линии выбранной системы. На локальных участках детально разведываемой площади, характеризующихся наибольшей изменчивостью морфологии пластов, усложнением проявления тектоники, и на первоочередных участках вскрытия и отработки всегда требуется большая густота разведочных выработок, чем на более простых по геологическим условиям или на удаленных от участков первоочередного вскрытия и эксплуатации.

При проектировании и осуществлении детальной разведки также практикуется использование метода аналогии. Опыт проведения разведочных и экс-

плуатационных работ на сходных по геологическому строению месторождениях кладется в основу выбора технических средств разведки принимаемой густоты разведочной сети, взаимного расположения выработок, методики опробования, изучения горно-геологических условий. Такой подход оправдан многолетним положительным эффектом. В то же время практика промышленного освоения угольных месторождений вскрывает многочисленные случаи серьезных просчетов в промышленной оценке пластов, участков, крупных площадей, на «детально разведанных» объектах. Источниками таких ошибок обычно являются субъективность истолкования сходства или тождества явлений, наблюдавшихся на изученном месторождении и предполагаемых на изучаемом объекте, а отсюда необоснованность переноса на последний представлений, которые следовало проверить дополнительными точками наблюдений, замеров и анализов. Надежность прогноза не всегда находится в прямой связи с объемом дополнительной информации. По мере углубления изучения месторождения все более вырисовываются индивидуальные присущие данному объекту детали геологического строения, локальные нарушения общих групповых закономерностей, вызывающие необходимость частичной, а иногда и коренной перестройки казавшейся убедительной и обоснованной прогнозной схемы. Геометрические принципы геологических построений всегда приводят к схематизму и упрощению отображения предвидений как в силу мелкомасштабности графики, так и в связи с недостаточностью фактического материала для интерпретации сложной многопричинной природы изменчивости изучаемых явлений.

Ис приближением разведочного процесса к его логическому завершению — достижению такого предела изученности месторождения (участка), при котором возможно качественное проектирование строительства горнодобывающего предприятия и обеспечен нормальный ход работ по вскрытию и отработке разведанных запасов, степень ответственности за надежность геологических прогнозов повышается. Соответственно нарастает значение информации, получаемой непосредственно по разведочным выработкам. Детальная разведка, проводимая с целью получения материалов для обоснованных инженерных расчетов, требует творческого подхода и тщательной разработки рабочих гипотез. Представления об основных параметрах промышленной оценки месторождения и прогноз закономерностей в их изменении должны базироваться в основном на непосредственных наблюдениях, замерах и исследованиях, как основы для познания специфических черт конкретного разведываемого объекта. Эти материалы служат основой данных о размерах месторождения и его структурных особенностях, мощности угленосной толщи и глубине ее залегания, количестве пластов и их распределении в разрезе, мощностях и строении пластов и пространственных закономерностях изменения этих параметров, проявлении мелкоамплитудной тектоники и установлении влияния ее на ведение горно-эксплуатационных работ. Аналогия с другими сходными по генезису и морфологическим чертам месторождениями облегчает и в этом случае прогнозы по перечисленным параметрам, но ее использование играет подчиненную роль и требует тщательного обоснования возможности применения.

Важнейшим условием производства геологоразведочных работ является разрешение вопросов, связанных с возможно более полным комплексным использованием содержащихся на осваиваемом месторождении полезных ископаемых. Выявление и параллельно осуществляемая в процессе разведки основного вида минерального сырья промышленная оценка сопутствующих полезных ископаемых и компонентов повышает экономическую эффективность геологических исследований, так как способствует наращиванию общего ре-

зерва запасов различных полезных ископаемых и более полному использованию земных недр. Учет и вовлечение в промышленное освоение попутных полезных ископаемых повышает экономический потенциал месторождений и рентабельность их разработки, исключает в некоторых случаях необходимость производства геологоразведочных работ, направляемых на выявление и промышленную оценку самостоятельных месторождений различных видов минерального сырья.

Требования к изучению и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов в рудах и других видах минерального сырья утверждены ГКЗ СССР в 1973 г.

К попутным полезным компонентам на разведываемых месторождениях относятся все выявленные минеральные комплексы, отдельные компоненты руд и рассеянные элементы, которые при разработке основного полезного ископаемого могут быть рентабельно извлечены и использованы в промышленности.

Попутные полезные компоненты в зависимости от их пространственного распределения, форм нахождения, связи с основными для данного месторождения промышленными компонентами или вмещающими породами и с учетом требований, предъявляемых промышленностью для их разработки, разделяются на три группы.

К I группе относятся попутные полезные ископаемые, образующие в породах вскрыши или подстилающих основное полезное ископаемое породах отдельные залежи, которые могут быть рентабельно добыты и переработаны. В эту группу входит большое число попутных полезных ископаемых: бокситы, фосфориты, апатиты, железные руды, карбонатные породы, огнеупорные глины, каолины, разнообразные пески, гипсы, соли и пр., которые могут быть использованы в различных отраслях промышленности: металлургической, стекольной, керамической, строительной, сельскохозяйственной и др.

Ко II группе относятся попутные (сопутствующие) полезные компоненты, образующие в разведываемых полезных ископаемых собственные минералы, извлекаемые в селективные концентраты или накапливающиеся в продуктах обогащения основных компонентов, из которых они могут быть рентабельно извлечены и переработаны. Так, в углях Подмосквовного бассейна содержится серный колчедан, представляющий интерес как серосодержащее сырье, если его конкреции могут быть извлечены при обогащении. Породные прослой в угольных пластах, породы межпластий, почвы и кровли, попадающие при добыче в вынимаемую горную массу и удаляемые при обогащении, содержат компоненты, которые по химическому составу и свойствам могут явиться сырьем для получения аглопорита, глинозема, железокремнеалюминиевых и кремнеалюминиевых сплавов (Экибастуз, Ангрен).

К III группе относятся рассеянные элементы, находящиеся в виде изоморфных примесей в минералах основных и попутных полезных компонентов промышленных руд, а также в форме металлоорганических соединений в углях, растворимых соединений в нефти, газе, подземных минерализованных водах, рассолах и пр. В углях в промышленных концентрациях содержатся уран, германий, галлий (извлекаемый совместно с германием), в некоторых случаях отмечаются повышенные содержания благородных и цветных металлов и рассеянных элементов.

Для обеспечения комплексного изучения месторождений полезных ископаемых в первую очередь необходимо:

а) установить, какие попутные полезные ископаемые и компоненты могут представлять практический интерес на изучаемом месторождении;

б) выяснить условия залегания попутных полезных ископаемых и формы нахождения ценных компонентов в минералах, рудах, угле, горной массе, продуктах их обогащения и передела;

в) определить состав, средние содержания и количества попутных полезных компонентов в рудах, угле, горной массе, концентратах и хвостах обогащения;

г) составить баланс распределения ценных попутных компонентов в рудах, горной массе, продуктах их обогащения, в продуктах металлургического и химического переделов;

д) дать оценку промышленного значения отдельных попутных полезных ископаемых и компонентов, определить их влияние на общую ценность извлекаемых руд месторождения и экономическую целесообразность извлечения.

Перечень попутных полезных ископаемых и компонентов, подлежащих изучению, необходимо определить в начальную стадию разведки. Оценка их возможного практического значения должна быть осуществлена в стадию предварительной разведки. Выявленные попутные полезные компоненты могут представлять практический интерес лишь в месторождениях, для которых установлено промышленное значение основного компонента.

Разведка попутных полезных ископаемых I группы проводится в пределах границ месторождения (участка) основного компонента. В случае, если залежи и пласты попутных полезных ископаемых (бокситы, карбонатные породы, пески, глины и др.) распространяются за пределы границ разведываемого объекта, на геологической карте соответствующего масштаба должны быть показаны площади их распространения, дана геологическая оценка перспектив и рекомендации дальнейших работ по определению промышленной ценности всего пласта или залежи.

Для предварительной оценки попутных полезных ископаемых используются выработки, пройденные для разведки основного полезного ископаемого. Детальная разведка ведется лишь при установлении потребителя на данный вид сырья. При положительном решении об их освоении они разведываются и изучаются с учетом требований соответствующих отраслей промышленности к данным видам минерального сырья, а также инструкций и методических указаний по их изучению, как правило, с той же степенью детальности, что и основные полезные ископаемые.

Специальные разведочные работы на попутные полезные ископаемые II и III групп не проводятся, за исключением тех случаев, когда они представляют самостоятельный промышленный интерес. Тогда они изучаются в соответствии со специальными инструкциями и методическими указаниями.

Для определения возможности промышленного освоения попутных компонентов II группы, а также рассеянных элементов и попутных компонентов III группы решающее значение имеет потребность в них народного хозяйства, наличие разработанной технологической схемы попутного извлечения в концентраты основного компонента и степень концентрации в продуктах металлургического и химического передела, из которых они могут быть рентабельно извлечены. Экономическая целесообразность и необходимость их извлечения должны быть обоснованы соответствующими расчетами. Особое внимание при этом должно быть уделено установлению размеров необходимых капиталовложений на строительство специальных цехов или установок, сроков окупаемости этих затрат и экономической эффективности добычи попутных компонентов в целом.

Изучение и опробование сопутствующих углям и добываемым совместно с ними полезных ископаемых II и III групп, как правило, ведется по выработкам, проходным для разведки углей. В случаях, когда параметры, характеризующие морфологию тел и качество попутных компонентов и закономерности их изменчивости близки к свойственным углю (например, породные прослои в мощных угольных залежах, породы кровли и почвы угольных пластов, могущие явиться сырьем для производства строительных материалов, глинозема и т. п.), степень разведанности запасов попутных полезных ископаемых может быть достигнута не меньшей, чем получаемая для углей. При неравномерном и сложном распределении попутных компонентов (например, германий, галлий) достоверность определения их запасов всегда значительно ниже, чем углей, в которых они содержатся. Но, учитывая, что добыча и переработка сырья попутных и основных компонентов осуществляется совместно, оценка запасов попутных компонентов по категориям  $C_1$  и  $C_2$  является достаточной для их промышленной оценки.

После оценки практического значения попутных компонентов необходимо составить технико-экономические расчеты с целью определения дополнительного экономического эффекта, получаемого при извлечении попутных компонентов. В некоторых случаях использование попутных компонентов может существенно отразиться на показателях эффективности работы горнорудных предприятий, снизить требования к параметрам кондиций для основных компонентов и позволит более полно использовать запасы полезных ископаемых в недрах.

## § 20. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАЗВЕДКИ

При поисках и разведке угольных месторождений применяются: геологическое картирование, комплекс наземных геофизических исследований, горно-разведочные выработки и колонковое бурение скважин, сопровождаемое каротажными исследованиями.

Детальное геологическое картирование в масштабах 1 : 25 000—1 : 10 000 производится на базе имеющихся почти по всей территории СССР геологических карт мелких масштабов 1 : 1 000 000—1 : 500 000 и карт средних масштабов 1 : 200 000—1 : 100 000, составленных по большинству наиболее изученных угольных бассейнов и перспективно-угленосных площадей.

Прослеживание в поле при благоприятных условиях (выходах коренных пород на дневную поверхность, небольшой мощности покровных отложений) элементов геологического строения района работ, выходов маркирующих горизонтов и угольных пластов, сопровождаемое проходкой мелких горно-разведочных выработок и скважин, дает исключительно ценный и представительный материал для изучения приповерхностных частей месторождений и познания основных черт распространения и залегания угленосных отложений. При значительной мощности покровных отложений для получения точек наблюдения используется бурение структурных скважин.

Составляемые геологические карты сопровождаются комплексом специализированных карт — геоморфологических, гидрогеологических, рельефа поверхности угленосных образований, подстилающих их пород и т. п.

Методика и характер исследований при геологической съемке освещены в многочисленных методических руководствах и здесь не рассматриваются.

**Геофизические методы.** Для получения информации о приповерхностном и глубинном строении района поисковых работ и разведываемых месторождений исключительную ценность имеют предшествующие или проводимые

одновременно с поисковыми и разведочными работами наземные геофизические методы исследований. Геофизическими методами в определенных условиях:

выявляются структуры с возможным наличием угленосных отложений; определяются мощность покровных образований, глубины залегания и мощность выявленных угленосных отложений, картируется рельеф их поверхности и поверхности подстилающих образований;

выявляются и прослеживаются крупные пликативные структуры и разрывные нарушения, трещиноватые, закарстованные и обводненные зоны, контакты угленосных пород с другими образованиями, внедрившиеся в угленосную толщу тела изверженных пород, выходы угольных пластов и маркирующих горизонтов под покровные отложения;

окоптуриваются участки развития «горельников», зон многолетней мерзлоты и определяется глубина залегания и мощность горелых и многолетнемерзлых пород.

При поисках и разведках на уголь используются: электроразведочные (вертикальное электроразведывание и электропрофилеирование), гравиразведочные, сейморазведочные, магниторазведочные методы и эманиционная съемка. Разрешающая способность этих методов различна в зависимости от геолого-геофизических условий района работ.

Основой электроразведки является дифференциация горных пород по электрическим свойствам (электрическому сопротивлению, диэлектрической проницаемости и др.). Вертикальное электроразведывание (ВЭЗ) наиболее эффективно для установления мощностей покровных отложений и многолетней мерзлоты, глубины залегания последней и картирования рельефа подстилающих образований при пологом (до  $15^\circ$ ) залегании и широком площадном распространении угленосных отложений, а также наличии существенных различий в электрических свойствах угленосных и вмещающих их пород; для выявления и уточнения структурных особенностей залегания угленосной толщи необходима также четко выраженная дифференциация складчатых форм. Прослеживание выходов угольных пластов и маркирующих горизонтов под покровные отложения электропрофилеированием наиболее успешно при наклонном и крутом залегании угленосной толщи при мощности наносов не более 15—20 м.

Гравиразведка, используемая для тех же целей, что и электроразведочные методы, эффективна при наличии существенного и достаточно постоянного различия в плотности соответствующих пород. Гравиметрическими методами прослеживаются выходы только мощных угольных пластов при мощности покровных отложений до 35 м.

Возможности использования сейсмических методов (отраженных и преломленных волн) для расчленения разреза пород, выявления и прослеживания структурных форм и разрывных нарушений определяются наличием в изучаемом образовании отражающих или преломляющих сейсмических границ, относительным постоянством скоростей распространения упругих колебаний в отложениях, перекрывающих прослеживаемые границы и отсутствием в районе работ интенсивных сейсмических помех.

Магниторазведка используется при наличии пород, обладающих магнитными свойствами, в частности для выявления и окоптуривания тел изверженных пород, «горельников» и др.

Эманиционная съемка используется для выявления и прослеживания (в плане) разрывных нарушений, по которым может происходить

выделение эманацій (радона, торона, актинона); измерения концентраций эманацій производятся в подпочвенном и почвенном воздухе.

При всех видах наземных геофизических исследований должно обеспечиваться получение на поверхности земли аномалий соответствующих свойств, которые могут быть измерены существующей аппаратурой. Как правило, перечисленные выше методы геофизических исследований проводятся комплексно с использованием методов, обладающих наибольшей разрешающей способностью для решения поставленных задач в геолого-геофизических условиях конкретного района работ.

**Горно-разведочные выработки** при разведке угольных месторождений используются ограниченно. Проходка их связана с большими затратами средств и времени, гидрогеологические особенности часто создают трудные, а иногда непреодолимые условия для их применения. Поэтому при благоприятных предпосылках горно-разведочные выработки используются в основном для прослеживания угольных пластов на выходах под покровные отложения, для определения границ зон выветривания и окисления угля и для отбора крупных технологических проб.

Учитывая, что горно-разведочные выработки создают возможность для получения наиболее представительного материала о морфологии угольных пластов, физических свойствах углей и вмещающих пород, условиях из залегания и т. п., должна обеспечиваться возможно более полная и объективная их геологическая документация. При документировании горно-разведочных выработок отражаются:

а) общая мощность угольного пласта и мощность слагающих его угольных пачек и породных прослоев; б) строение пласта с характеристикой отдельных угольных пачек по крепости, плотности, структуре, излому, трещиноватости, цвету и блеску, содержанию минеральных включений; для породных прослоев дается описание литологического состава, крепости, характера контакта с углем, отмечается наличие палеонтологических остатков; в) элементы залегания пласта, тектонические нарушения (характер нарушенных зон, тип нарушения, элементы залегания, амплитуды смещения); г) кровля и почва пласта с характеристикой литологического состава, крепости, трещиноватости, слоистости, сланцеватости, степени устойчивости, характера контактов с углем; д) обводненность угольного пласта — уровень стояния вод, степень обводненности; е) изменение степени выветрелости угля и вмещающих пород по мере проходки горной выработки, глубина зоны выветривания, карстовые явления. Макроскопически изучается и описывается вещественный состав углей и физические свойства слагающих уголь ингредиентов. Для этой цели используются простейшие приспособления и реактивы (луна, миллиметровая линейка для подсчета трещин отдельности, фарфоровая пластинка для определения цвета черты, соляная кислота для уточнения диагностики минеральных включений и т. п.).

Параллельно с описанием производится отбор проб для петрографических, химических, инженерно-геологических, палеонтологических и при необходимости технологических исследований.

Аналогично производится геологическая документация в горно-эксплуатационных выработках. В горных выработках при простом разрезе документируется одна стенка, при сложном — полная развертка выработки.

Основным техническим приемом разведки угольных месторождений является **колонковое бурение**. Высокая маневренность и возможность создания необходимой сети искусственных обнажений на огромных площадях развития угленосных отложений на любых необходимых глубинах обусловили широкое



применение колонкового бурения при поисках и разведке ископаемых углей. Соответственно методика поисковых и разведочных работ на уголь подчинена возможностям и степени точности данных, получаемых из колонковых скважин.

В подавляющем большинстве случаев обоснованность выводов о мощности и строении угольных пластов, условиях их залегания, качестве угля, деталях тектоники, физических свойствах вмещающих уголь пород во многом зависит от полноты извлечения, степени сохранности и качества обработки кернового материала.

Необходимость высокого качества буровых работ определяется также относительно редкой плотностью разведочной сети на угольных месторождениях. Для распространения данных, полученных в скважине, на значительные прилегающие к ней площади естественно необходима возможно большая достоверность этих данных.

Главным критерием качества бурения по интервалам залегания угольных пластов служат количество поднятого по угольному пласту керна и сохранность структуры пласта в полученном керне. Эти показатели зависят от геологических особенностей месторождения, технических условий бурения и других факторов и изменяются в широких пределах. Выбор рациональных диаметров скважин, конструкций буровых наконечников, применение двойных колонковых труб, укороченных райсов проходки в зонах залегания угольных пластов, оптимальных режимов бурения, регистраторов встречи угольных пластов, повышение квалификации персонала способствуют улучшению качества буровых работ и документации скважин. Гораздо труднее исключить влияние на выход керна физических свойств углей и геологических особенностей месторождения.

По физическим свойствам угли в значительной степени подвержены разрушающему механическому воздействию, особенно хрупкие блестящие петрографические разновидности. На выход керна влияют также различия в крепости углей и пород, залегающих непосредственно в кровле и почве пластов, газовыделение из пластов, залегающих на большой глубине, породные прослойки, микротектоника, углы падения пород, степень метаморфизма и окисления углей.

При полном отсутствии угольного керна или его значительном недостатке естественно возникают затруднения в определении истинных значений мощности и структуры угольного пласта и качества угля (главным образом зольности). Вопрос о погрешностях определения мощности и структуры угольных пластов по данным бурения неоднократно освещался в геологической литературе. Эти погрешности определялись многими геологами путем сопоставления данных, полученных при бурении, с данными горно-эксплуатационных выработок в сопряженных или близлежащих точках.

Отклонения от средних величин для конкретных точек сопоставления данных бурения и горных работ колеблются в широких пределах — от полного совпадения до двукратной и более разницы.

На знак и величину ошибки помимо технических причин влияют и некоторые субъективные факторы. При большей мощности пластов, значительно превышающей предел кондиций, обычно наблюдается занижение ее, что часто объясняется желанием повысить оценку качества бурения путем некоторого предвзятого завышения выхода керна и проявлением осторожности в оценке результатов бурения. И наоборот, при малой мощности пласта, когда отнесение недостатка керна к породам кровли или почвы выводит пласт за грань кондиций по мощности, наблюдается стремление завысить мощность пласта хотя бы до предела кондиционного значения. Последние случаи часто выявляются при анализе данных горных работ по маломощным пластам Донецкого бассейна,

для которых мощность пластов в отдельных пересечениях при недостаточном выходе керна «корректировалась» с учетом средних данных о мощности пласта по району, однако горные выработки впоследствии часто вскрывали зоны размывов и генетического утонения именно на участках, где пласты, по данным бурения, «теряли» рабочую мощность.

Наличие погрешности в определении мощности угольных пластов обуславливает необходимость самого внимательного отношения к качеству буровых работ и геологической документации скважин.

Как правило, должно обеспечиваться проведение соответствующих организационных и технических мероприятий, обеспечивающих максимальный выход керна по угольному пласту и непосредственно вмещающим его породам. В необходимых случаях должно применяться искусственное искривление в дефектно пройденных интервалах или бурение контрольных скважин. Особое внимание должно уделяться составлению и оформлению первичной геологической документации, которая должна объективно отражать полученные фактические данные, а не представлять собой камерально обработанный документ, в котором непосредственные наблюдения затупеваны и неясно изложены, а иногда искажены субъективными представлениями исполнителя.

В первичной геологической документации керна скважин должны быть отражены длина и технология проходки каждого рейса в зоне пород, вмещающей угольный пласт, линейный (объемный, весовой) выход керна, степень его сохранности, детальное описание пород по каждому рейсу. Порейсовое описание должно производиться как минимум за две уходки до встречи кровли угольного пласта во избежание отнесения к интервалам бурения по кровле и непосредственно по самому пласту той части керна, которая осталась неподнятой при бурении этих уходов.

Восполнение геологической характеристики интервалов, по которым отсутствует керна, допустимо только на следующей стадии — обработке всех имеющихся материалов по конкретным пересечениям пластов с привлечением данных о поведении пласта на остальной части месторождения.

Как и при документации горных выработок, при описании керна особое внимание уделяется подробной характеристике строения угольного пласта, литологического состава вмещающих пород (особенно в кровле и почве пластов) и внутрипластовых породных прослоев, изучению физических свойств углей и пород; замеряются мощность керна для пласта и составляющих его пачек, углы падения пород, отбираются образцы для изучения угля и вмещающих пород.

Все скважины и горно-разведочные выработки должны быть инструментально привязаны к имеющейся опорной геодезической сети. Для вертикальных скважин глубиной более 300 м и для наклонных скважин глубиной более 100 м должны производиться замеры азимутального и зенитного искривлений не реже чем через 50 м.

**Каротаж** разведочных скважин, осуществляемый при поисках и разведке угольных месторождений, в настоящее время повсеместно резко повысил полноту и качество геологической информации, получаемой при колонковом бурении. В состав каротажных работ входят геофизические исследования в скважинах с целью изучения геологического разреза вскрытых ими отложений и получения необходимых параметров для геолого-промышленной оценки месторождений, определения технического состояния скважин и отбор образцов пород. Каротаж сопровождается кавернометрическими, инклинометрическими (определение азимутальных и зенитных искривлений стволов скважин) и геотермическими измерениями. Каротажные диаграммы отображают непрерывное

изменение физических параметров исследуемых пород в заданном масштабе (на углях 1 : 20—1 : 200), чем обеспечивается полнота представления об особенностях геологического строения всего вскрытого скважиной разреза отложений. Это обстоятельство, а также более объективное и достоверное определение таких основных параметров, как глубина залегания, мощность и строение угольных пластов, по сравнению с устанавливаемыми по керну (при неполноте его подъема и нарушенности структуры) превратили каротаж в один из основных методов геологической документации скважин.

Геофизические исследования в скважинах при поисках и разведке углей осуществляют в основном двумя группами методов — электрическими и радиоактивными. В последние годы внедряется акустический каротаж и определение пластовым наклономером элементов залегания пород.

Из электрических методов наиболее широко применяются методы: кажущихся сопротивлений (КС), естественных потенциалов (ПС) или градиента ПС, токового каротажа (ТК), бокового токового каротажа (БТК); меньшее распространение имеют методы вызванных потенциалов (ВП) и шарового зонда — регистрации сопротивления заземления (РСЗ). В отдельных случаях используется метод направленного бокового токового каротажа, особенно эффективный для определения мощности и строения угольных пластов в условиях наклонного и крутого их залегания. При гидрогеологических исследованиях проводятся резистивметрические измерения — определение удельного электросопротивления бурового раствора; установление закономерностей изменения концентрации солевого раствора позволяет установить места притоков в скважину пластовых вод или ухода их из скважины. Проводимые дополнительно расходометрические измерения используются для сравнительной качественной оценки фильтрационных свойств отдельных интервалов вскрытого скважиной разреза пород.

Из радиоактивных методов повсеместно применяются методы гамма-каротажа (ГК) и плотностного гамма-гамма-каротажа (ГГК-II). На многих месторождениях внедряются метод селективного гамма-гамма-каротажа (ГГК-С), получает распространение метод микроселективного гамма-гамма-каротажа (мГГК-С).

Рационально подобранный комплекс геофизических и сопутствующих исследований позволяет решать следующие основные задачи:

производить литологическое расчленение разреза вскрытых скважинами пород по основным литологическим разностям: угли и углистые породы, известняки, песчаники (пески), алевролиты (суглинки), аргиллиты (глины) и др.;

определять глубины залегания, мощность и строение угольных пластов, в необходимых случаях — других основных разностей пород;

устанавливать наличие, местоположение и амплитуды разрывных нарушений;

выявлять водоносные горизонты и давать их характеристику;

определять искривления и кавернозность стволов скважин;

устанавливать температурный режим вскрытого разреза пород.

Каротажные диаграммы, полученные по отдельным скважинам, используются для корреляции геологических разрезов, повышение достоверность параллелизации угольных пластов и вмещающих пород, геологических построений, в частности прогнозов местоположения, характера и элементов залегания разрывных нарушений.

Дополнительно проводимыми исследованиями методами заряженного тела, электрической корреляции и околоскважинной сейсморазведки при соответ-

ствующим геолого-геофизическим условиям могут прослеживаться выходы пластов антрацитов под покровными отложениями мощностью до 35 м, выявляться разрывные нарушения между скважинами и в околоскважинном пространстве, уточняется положение угольных пластов между смежными скважинами.

По образцам, отобраным боковыми грунтоносцами (ГБС), а на ряде месторождений непосредственно обработкой данных, полученных при исследованиях методами КС, БК, ГК, ГГК-II и ГГК-С определяется зольность углей, а методами КС, ГК, ГГК некоторые показатели прочностных свойств углей и вмещающих пород. Для определения последних используются также кавернометрические измерения. Разрабатываются методики определения других показателей качества углей (влажности, выхода летучих веществ и т. д.). Перспективным для изучения в скважинах физико-механических свойств пород является акустический каротаж; совершенствование аппаратуры пластового накломера и его внедрение открывает возможности для замеров элементов залегания пород и более полного изучения тектоники месторождений.

Важнейшей информацией, получаемой в настоящее время по результатам геофизических исследований в скважинах, являются сведения о глубинах залегания, мощности и строения угольных пластов. Многочисленные сопоставления результатов замеров и наблюдений в горных выработках и по керну скважин с данными каротажа показывают, что при соблюдении методических и технических условий производства геофизических исследований в скважинах средняя погрешность в определении общей мощности угольного пласта при масштабах регистрации 1 : 200 составляет  $\pm 20$  см, 1 : 50  $\pm 10$  см, 1 : 20  $\pm 3$  см. Аналогичной точностью характеризуется определение мощностей угольных пропластков в пластах сложного строения. Непременным условием достижения указанной точности является отсутствие в разрезе пласта сложного строения, а также в почве и кровле пластов углистых пород с признаками на регистрируемых кривых, характерными для углей. При нечетко определяемых контактах угольных пластов и внутрипластовых угольных пропластков, а также при отсутствии керна в интервалах возможного залегания угля и необходимости в этих случаях получения материала для повышения достоверности интерпретации геофизических данных производится отбор образцов боковым грунтоносцем.

Точность определения контактов угля и пород грунтоносцем зависит от расстояния между соседними точками отбора образцов угля и породы, где производятся интерполяция результатов. При существующей практике применения «вилки» размером 10 см точность определения мощности пласта также будет колебаться в пределах 10 см и более, т. е. соответствовать точности определения контакта на диаграммах масштаба 1 : 50. В последнее время размер «вилки» сокращается до 2—5 см, что соответственно повышает точность отбивки контактов пласта.

Точность определения ГБС нормальной мощности пластов повышается при наклонном и крутом их залегании с отбором образцов по одной стенке скважины.

Полнота и достоверность получаемой по каротажу геологической информации определяется прежде всего рациональным подбором комплекса геофизических исследований. Разрешающая их способность и точность измерений зависит от геолого-геофизических условий изучаемого месторождения — степени метаморфизма углей и пород, мощности, сложности строения угольных пластов, вещественного состава слагающих их пропластков, углов падения и т. п., а также от технического состояния скважин (наличие обсадки, характер промывной жидкости), соответствия времени производства исследований бурению исследуемых интервалов.

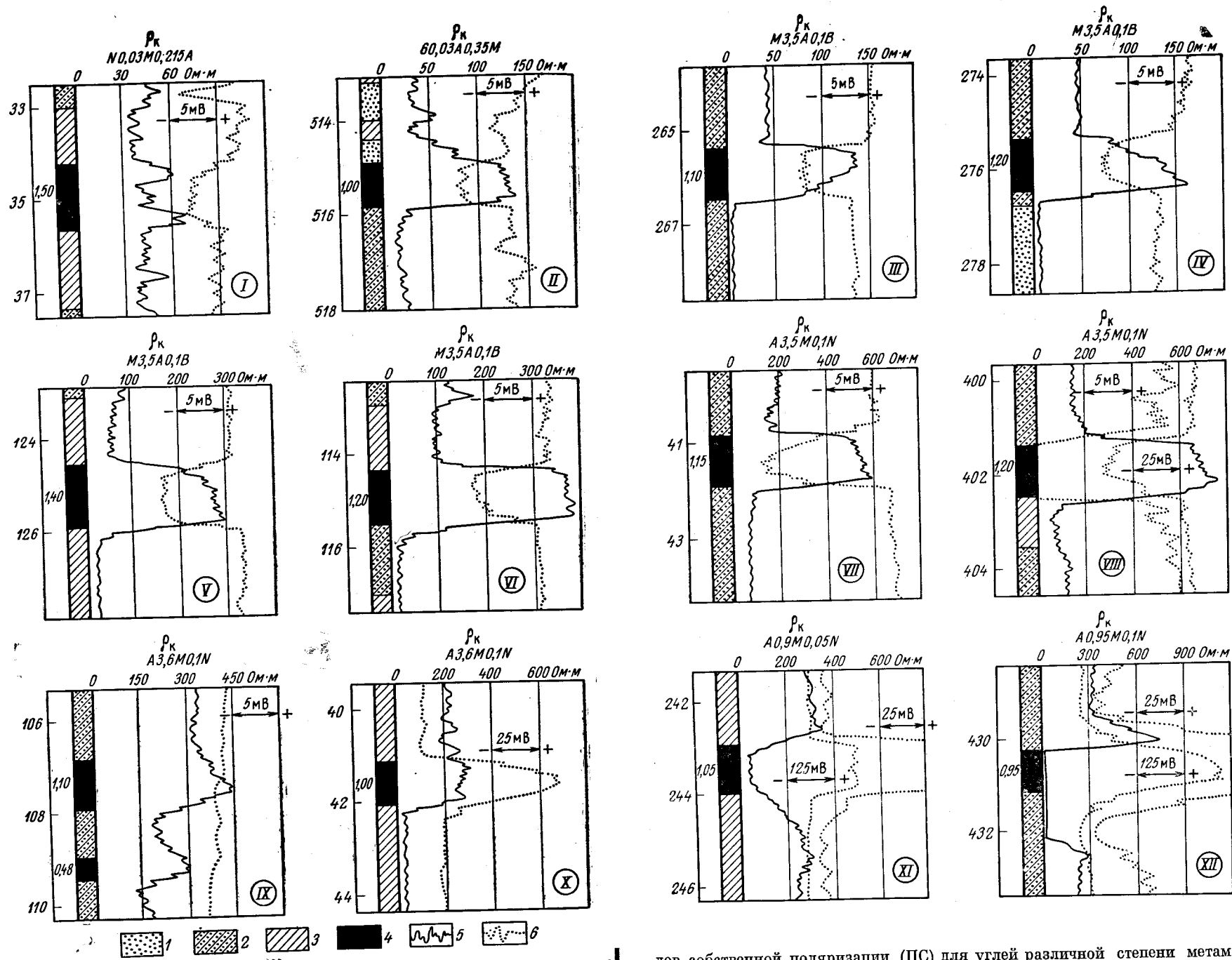


Рис. 48. Типичные диаграммы кажущихся сопротивлений (КС) и потенциала фазма. По В. В. Гр...

1 — песчаник; 2 — алевролит; 3 — аргиллит; 4 — уголь (слева — мощность пласта, м); 5 — кривая КС; 6 — кривая ПС. Марка угля (бассейн, месторождение): I — Б2 (Подкутское); II — Б3 (Шурабское); III — Д (Интинское); IV — Г (Воргашорское); V — Ж (Ворославское); VI — К (Юнъягинское); VII — ОС (Хальмерьюское); VIII — Т высокого сопротивления (Донецкий); IX — X — Т пониженного электрического сопротивления.

лов собственной поляризации (ПС) для углей различной степени метаморфизма.

5 — кривая КС; 6 — кривая ПС. Марка угля (бассейн, месторождение): I — Б2 (Подкутское); II — Б3 (Шурабское); III — Д (Интинское); IV — Г (Воргашорское); V — Ж (Ворославское); VI — К (Юнъягинское); VII — ОС (Хальмерьюское); VIII — Т высокого сопротивления (Донецкий); IX — X — Т пониженного электрического сопротивления.

Так, на месторождениях с углями марок Г, Ж, К, ОС, частично Д и Т, обладающими наиболее высокими, а также на месторождениях антрацитов характеризующимися очень низкими удельными электрическими сопротивлениями среди слагающих разрез пород (рис. 48), электрические методы в большинстве случаев обеспечивают уверенное выделение угольных пластов и опре-

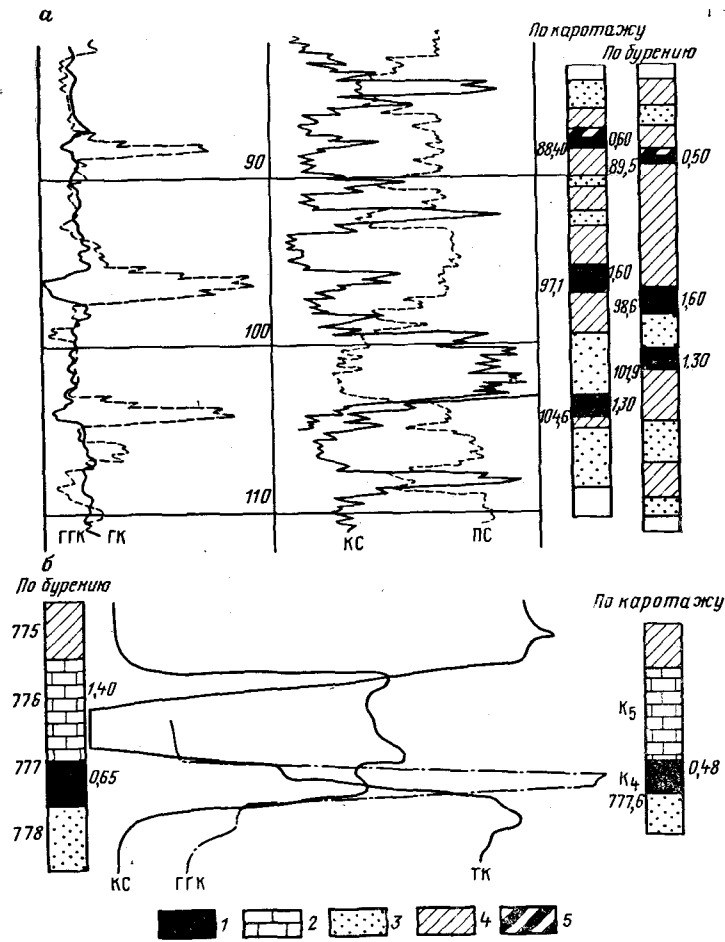


Рис. 49. Использование радиоактивных методов каротажа: а — Павловское буругольное месторождение. Кривые ГГК и ГК четко и согласно выделяют угольные пласты, кривые КС и ПС дают близкие показания по углям и песчаникам. б — Донецкий бассейн. Кривая ГГК четко выделяет угольный пласт: по кривым КС и ТК уголь залегающий в его кровле известняк не расчленяются 1 — уголь; 2 — известняк; 3 — песчаник; 4 — аргиллит; 5 — аргиллит углистый

деление их мощности. Но по большей группе месторождений, преимущественно содержащих бурые или высокозольные каменные угли, а также угли переходные от марки Т к А, надежное выделение угольных пластов методами электрокаротажа затруднительно в связи со сходной характеристикой геоэлектрических свойств углей и вмещающих пород.

Радиоактивные методы обеспечивают и для этой группы месторождений надежное расчленение разреза, выделение угольных пластов, определение их мощности и строения (рис. 49, а), а также повышают достоверность данных для месторождений каменных углей (рис. 49, б).

При документации обсаженных или безводных интервалов скважин, а также интервалов с большими кавернами в стенках скважины, ошибка в определении мощностей пластов по кривым, снятым в детализационных масштабах (1 : 20—1 : 50), может достигать 0,2—0,25 м.

Поскольку в процессе углубки скважин происходит увеличение каверн в интервалах залегания угольных пластов и слабых по прочности пород, вскрытых на верхних горизонтах, должно обеспечиваться своевременное осуществление геофизических исследований и кавернометрических измерений по мере углубки скважин.

Для достоверности определения мощности и строения угольных пластов существенное значение имеет обоснование методики интерпретации геофизических данных. Обоснованные теоретически или определенные объемным моделированием характерные точки, по которым производится определение контактов угля с породой, необходимо уточнять для конкретных условий эмпирическим путем или по методу аналогии с хорошо изученными разрезами.

Методические и технические недостатки — повышенная скорость подъема кабеля, неправильно выбранный масштаб регистрации и размера зондов, неудачно выбранный комплекс исследований, недостаточная обоснованность методики интерпретации диаграмм могут исключить или ограничить возможность использования каротажных данных.

Условия использования данных каротажа при подсчете разведанных запасов углей регламентированы инструкцией ГКЗ СССР по применению классификации запасов твердых полезных ископаемых к месторождениям углей и горючих сланцев (1968 г.).

## § 21. ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ

Поисковые работы на уголь производятся как с целью выявления месторождений в новых геологически слабо исследованных районах, так и с целью перспективной оценки неизученных частей крупных месторождений (геолого-промышленных районов угольных бассейнов), в пределах которых проводились геологоразведочные, а нередко осуществлялись или осуществляются эксплуатационные работы.

Поиски для выявления новых месторождений угля ставятся при наличии прямых или косвенных признаков угленосности. Как правило, постановке специализированных поисковых работ на уголь (как и на любое другое полезное ископаемое) предшествует геологическое картирование, сопровождаемое наземными геофизическими исследованиями, в процессе которого выясняются основные черты геологического и геоморфологического строения района, стратиграфии, тектоники, выделяются перспективные площади с возможным наличием тех или других полезных ископаемых.

К выявляемым при геологическом картировании прямым признакам угленосности относятся: следы древних разработок угля, выходы угольных пластов на поверхность, наличие гальки углей в руслах рек и ручьев, выбросы угля или угольной сажи из нор животных, наличие «горельников» — обожженных пород характерного красно-кирпичного цвета — следов выгорания угольных пластов, «меловки» — осветленной почти белой породы, оставшейся на месте

выхода выветривания пласта угля, пластов «кучерявчиков» — ископаемой почвы древних торфяников.

Косвенными признаками возможного наличия угленосности являются геоморфологические, литологические, стратиграфические и тектонические предпосылки.

Геоморфологические предпосылки учитывают некоторые особенности рельефа угленосных площадей, связанные с особенностями их геологического строения.

Во многих районах при неглубоком мульдообразном залегании углей, а также на их выходах развита заболоченность, наиболее угленасыщенные части месторождений нередко характеризуются пониженным рельефом. «Горельники» обычно обладают повышенной прочностью и выступают в рельефе в виде скалистых выступов или гребней гор, сопок. Отмечается связь гидрографической сети с развитием крупных разломов в коренных породах.

Литологическими предпосылками являются наличие континентальных и прибрежно-морских осадочных отложений с ритмическим пере-слаиванием углефицированных и обломочных разностей пород от глин (аргиллитов) до галечников (конгломератов) включительно, монотонная их окраска преимущественно серых тонов, наличие большого количества растительных отпечатков и другие специфические особенности угленосных формаций (см. § 2).

Стратиграфические предпосылки возможной угленосности заключаются в приуроченности эпох углеобразования к определенным периодам геологической истории Земли (см. § 1). Совершенно бесперспективными для нахождения углей являются древние осадочные толщи до силура включительно; очень ограниченные возможности промышленного угленакопления связаны с отложениями девона и триаса. Обобщение и анализ накопленного материала о закономерностях пространственного размещения угленосных провинций различного возраста на территории Советского Союза, степени угленасыщенности отдельных интервалов (свит) мощных угленосных формаций в крупных бассейнах, на территории которых до настоящего времени проводятся поисковые работы и выявляются новые месторождения, определяют исключительную значимость стратиграфических предпосылок для обоснования и производства поисковых работ. Почти для каждого конкретного района поисков имеются вполне определенные представления о том, с какими стратиграфическими горизонтами осадочных толщ может быть связана промышленная угленосность, а во многих случаях — возможный масштаб и характер углепроявления.

Тектоническими предпосылками являются преимущественная приуроченность угольных месторождений к отрицательным формам рельефа коренных пород, в которых обеспечивалась лучшая сохранность угленосных отложений от последующей денудации, а также связь углеобразования со специфическими вторичными структурами платформ, складчатых областей и краевых прогибов. Особое значение геологических исследований о рельефе и структурных особенностях наземных геофизических исследований о рельефе и структурных особенностях залегания коренных пород в закрытых районах. Проверка выявленных геофизическими методами депрессий в палеозойском ложе во многих закрытых районах (например, на Урале, в Зауралье, Забайкалье, Приморье) сопровождалась выявлением крупных угольных месторождений мезозойского и кайнозойского возраста. Накопленный материал позволяет использовать тектонические предпосылки для прогноза масштаба углепроявления и специфических структурных особенностей залегания угленосных толщ.

Анализ материалов мелкомасштабного геологического картирования, прямых признаков и косвенных предпосылок угленосности позволяет сосредоточить поисковые работы на площадях с наиболее надежным прогнозом возможного углепроявления и наиболее благоприятными географическими и экономическими условиями для промышленного освоения с учетом удаленности их от потребителя, транспортных условий, горнотехнических особенностей, качества угля и т. п.

На площадях с обнаженной поверхностью пород с возможной угленосностью или при неглубоком их залегании основным методом на начальном этапе поисковых работ является детальная геологическая съемка перспективной площади в масштабах 1 : 50 000—1 : 25 000, сопровождаемая изучением естественных обнажений и созданием сети искусственных обнажений путем проходки горно-разведочных выработок и мелких скважин. Следует учитывать, что в естественных обнажениях, а также в приповерхностной зоне уголь подвергается процессам выветривания и окисления; мощность пласта при этом сокращается (см. рис. 39) за счет сдавливания рыхлой выветрелой органической массы более крепкими вмещающими породами и удаления продуктов окисления. Выход угольного пласта часто представлен сажой, а иногда, как отмечалось выше, «меловкой». Искажаются все основные показатели качества угля. Поэтому естественные обнажения подвергаются расчистке, а в точках выявления угольных пластов или вблизи них проходятся шурфы, имеющие целью вскрыть угольные пласты в ненарушенном состоянии и получить более достоверные данные о мощности, строении пластов и качестве угля.

Повсеместно и особенно в закрытых районах проводятся наземные геофизические исследования, комплекс которых подбирается с учетом имеющихся данных об особенностях геологического строения исследуемых площадей и разрешающей способности того или иного метода для решения поставленных задач (см. § 20). В целях обеспечения полноценной интерпретации геофизических данных, особенно в слабо изученных районах, проходятся одиночные параметрические скважины колонкового бурения. Полученная информация о наличии угленосных пород, их площадной распространенности, глубинах и условиях залегания используется для интерпретации геофизических данных и для дальнейшего развития процесса поисков.

Объем и характер исследований должны быть достаточными для обоснованного заключения о наличии или отсутствии в районе промышленной угленосности. Для положительного решения необходимы вскрытие и опробование угольных пластов с рабочей мощностью, получение хотя бы приближенных данных о степени угленасыщенности разреза, качестве углей, возможных размерах распространения промышленной угленосности по площади и на глубину. Для этой цели в поисковой стадии выполняется минимально необходимый объем горно-разведочных и буровых выработок, располагаемых на линиях вкрест установленному (по обнажениям или единичным выработкам) простиранию пород угленосной толщи при наклонном или крутом их залегании, или по квадратной сети — при горизонтальном и близком к нему залегании.

Первая линия обычно закладывается на участке, наиболее благонадежном для получения нормального менее нарушенного разреза пород угленосной толщи и для вскрытия угольных пластов. Положение ее приурочивается к местам, где были вскрыты пласты угля промышленного значения, или совмещается с линиями геофизических профилей, по которым были получены наиболее перспективные данные о глубине залегания и мощности угленосных отложений, их залегании, структуре подстилающих и перекрывающих пород. Расположение

выработок на линии имеет целью получить перекрытый разрез пород угленосной толщи, выяснить элементы ее залегания и характер угленосности.

При наклонном и крутом залегании пород угленосной толщи в целях установления масштаба угленосности и подтверждения полученных по первой линии данных проходятся еще 2—3 поисковые линии по обе стороны от первой, ориентированные вкрест простирания. Расстояния между первой и дополнительными линиями определяются задачей осветить возможно большую площадь и одновременно не выйти за контур предполагаемого выклинивания угленосных отложений или за границы основной структуры, сложенной угленосными породами, предположительно определенных геологической съемкой или геофизическими исследованиями. Необходимость проходки дополнительных линий сохраняется и при получении отрицательных данных по первой линии. В этом случае одна из дополнительных линий, по которой получены наиболее благоприятные результаты, становится основной и от нее в дальнейшем развивается поисковая сеть. При невязке данных по смежным линиям между ними проходятся дополнительные поисковые профили, закладываемые обычно на половине расстояния между пройденными. Степень такой невязки устанавливается по следующим принципиальным моментам: резкому изменению характера угленасыщенности, выпадению из разреза основных угольных пластов, стратиграфическому несоответствию вскрытых на смежных линиях горизонтов угленосной толщи, структурных условий ее залегания. Элементы мелкой складчатости и разрывной тектоники, прослеживание второстепенных выпадающих из разреза угольных пластов и т. п. не являются предметом изучения поисковой стадии работ.

На месторождениях с горизонтальным или близким к нему залеганием пород угленосной толщи поисковые линии закладываются во взаимно перпендикулярном направлении с пересечением их в предполагаемом центре месторождения, определенном по геоморфологическим, геофизическим и другим косвенным геологическим данным. Выработки на этих линиях располагаются от этого предполагаемого центра к периферии на расстояниях, для выбора которых учитываются представления о генетическом типе месторождения, в первую очередь о выдержанности угольных пластов.

Из опыта производства поисковых работ расстояния между профилями на месторождениях переходной группы принимаются обычно 3—4 км; на месторождениях платформенной группы, приуроченных к унаследованным мульдам и наложенным впадинам, 2 км; к синеклизам древних платформ 1—2 км; к посторогенным впадинам не более 1 км; к месторождениям геосинклинальной группы 0,5 км.

Поисковые работы, проводимые в границах известных месторождений (угленосных площадей), характеризуются некоторыми специфическими особенностями.

Изучение геологического строения территорий угольных бассейнов и крупных месторождений, занимающих площади в десятки и сотни тысяч квадратных километров, осуществляется в течение очень длительного периода, измеряемого десятками лет. Помимо поисковых работ, проводящихся на крупных слабо исследованных в геологическом отношении площадях с целью выявления новых месторождений, в таких бассейнах и на известных крупных месторождениях осуществляется планомерное систематическое геологическое изучение участков, непосредственно примыкающих к техническим границам действующих, строящихся и проектируемых горных предприятий, к подготовленным для промышленного освоения детально разведанным объектам. Это изучение произво-

дится последовательным проведением поисковой, предварительной и детальной стадий разведки и служит целям наращивания резервного фонда в увязке с планами последующего развития угледобычи в данном районе.

Производство поисковых работ на площадях, непосредственно примыкающих по простиранию или падению к предварительно или детально разведанным участкам, облегчено наличием данных о всех основных параметрах геолого-промышленной оценки месторождения — мощности угленосной толщи, особенностях ее строения, положением в разрезе угленасыщенных интервалов, маркирующих горизонтов, количественной характеристике угленосности и качестве угля, структурных особенностях залегания угленосных отложений. Задачей поисковых работ является проверить, в какой мере сохраняются на исследуемой площади количественные и качественные показатели этих параметров и выявить намечающиеся закономерности их изменения.

Решение этой задачи производится обычными проверенными для условий конкретного района приемами: детальным картированием выходов угленосной толщи и маркирующих горизонтов, геофизическими исследованиями, проходкой горноразведочных и буровых выработок, структурных скважин и опорных поисковых профилей. Характер и размерность поисковой сети выработок определяется опытом производства разведочных работ, проведенных в районе, по результатам которых производилась оценка разведанных на смежных площадях запасов. При поисковых работах, проводимых с целью перспективной оценки глубоких горизонтов разрабатываемых месторождений, обобщаются и анализируются материалы эксплуатации, установленные по данным горных работ закономерности изменения мощности угленосных толщ, их угленасыщенности, качества угля, элементов залегания пластов. Во многих случаях здесь можно ограничиться проходкой одиночных выработок, которые имеют целью подтвердить сохранение или незначительную степень изменения на глубину характерных для месторождения черт геологического строения.

На площадях с резким изменением основных показателей поисковые работы проводятся по методике, применяемой для выявления новых месторождений.

В некоторых случаях перед поисками в освоенных промышленностью районах ставятся специфические задачи — выявление участков с неглубоким залеганием углей для организации открытой разработки, участков с более простыми горно-геологическими (гидрогеологическими) условиями, с качеством углей для специальных видов промышленного использования и т. п.

Соответственно поставленным задачам поиски приобретают целеустремленный характер и сопровождаются специальными исследованиями, результаты которых обеспечивают решение поставленной задачи. На участках с предпосылками для организации открытой разработки производится более детализированное изучение приповерхностной части месторождения: мощностей и литологического состава покровных отложений, мощности и элементов залегания угольных пластов в верхних горизонтах угленосной толщи, данных об уровнях поверхности грунтовых вод, глубине зоны выветривания и окисления угля. На участках с предполагаемым наличием технологических углей проходятся специальные выработки для отбора представительных проб и более полный комплекс химических и технологических их исследований, на участках с предполагаемыми сложными горно-геологическими условиями — исследования по программе, направленной на уточнение этих условий.

По результатам поисковых работ уточняется или вновь составляется геологическая карта месторождения (описанной площади) в масштабах 1 : 10 000—1 : 25 000. На карту наносятся положение выходов под покровные

отложения угленосных свит, маркирующих горизонтов и угольных пластов, элементы залегания пород, выявленные разрывные нарушения, элементы пликативных структур. Карта сопровождается геологическими разрезами по поисковым профилям с нанесением на них той же геологической нагрузки и дополнительно данных, полученных по поисковым выработкам. Составляется литолого-стратиграфический разрез угленосных отложений, на котором выделяются наиболее перспективные (по угленасыщенности или по качеству углей) интервалы. Анализируются данные о площади распространения угленосных отложений и наиболее ценных для промышленного освоения угольных пластов, о глубинах залегания продуктивной части разреза, марочном составе углей и основных показателях их качества.

Устанавливается общая и рабочая угленасыщенность наиболее перспективной части разреза угленосной толщи или мощность суммарного пласта угля (см. § 13) и производится подсчет запасов углей (обычно по категории  $C_2$ , реже  $C_1$ ).

Обработанные материалы служат основой выводов о перспективах выявленного месторождения (оископанной площади) и характеристики наиболее благоприятных участков, на которых следует в первую очередь проводить разведочные работы.

Оценка возможного промышленного значения нового месторождения производится путем сравнения основных его параметров с известными однотипными по генезису месторождениями с учетом специфики географического положения, экономики района, особенностей рельефа, транспортных условий и других природных данных. Недостаток фактического материала восполняется тщательной проработкой возможности использования для промышленной оценки сведений по аналогичным месторождениям и теоретических разработок в области выяснения закономерностей углеобразования, генетических классификаций угленосных формаций (угольных месторождений), совмещающих диагностические и прогнозные признаки, накопленного опыта в изучении геологии угольных месторождений.

При отрицательных результатах поисковых работ объем и характер проведенных исследований должны быть достаточными для уверенного заключения об отсутствии на оископанной площади промышленной угленосности.

Непрерывным условием производства поисковых работ является их комплектность — оценка данных и имеющихся предпосылок для заключения о наличии или отсутствии в районе работ других полезных ископаемых.

В подстилающих и перекрывающих угленосные отложения породах иногда содержатся промышленные скопления бокситов, каолинов, огнеупорных глин, формовочных и стекольных песков, карбонатные породы, используемые как химическое, металлургическое сырье и база для производства строительных материалов. Поэтому из поисковых на уголь выработок следует отбирать и исследовать пробы для выяснения наличия перечисленных полезных ископаемых и перспективной оценки их промышленного значения. Требования к изучению таких полезных ископаемых изложены в соответствующих методических руководствах и инструкциях. Ниже приводится перечень основных исследований, необходимых для принципиальной оценки наиболее распространенных нерудных полезных ископаемых, залегающих в покровных отложениях. Обязательными являются определения:

для песков — гранулометрического и минерального состава (особое внимание обращается на состав тяжелых фракций и содержание в них ценных минералов);

для глин — гранулометрического и химического состава, пластичности и огнеупорности;

для известняков, доломитов и мергелей — химического состава (содержание  $CaO$ ,  $MgO$  и нерастворимого остатка) при определении возможности использования как химического и металлургического сырья; физико-механических свойств (объемная масса, водопоглощение) при оценке их как строительного камня;

для песчаников — физико-механических свойств (объемная масса, водопоглощение, временное сопротивление сжатию);

для гипсов — химического состава.

Учитывая практику промышленного освоения месторождений перечисленных видов нерудного сырья, при которой глубины разработок только для огнеупорных глин и известняков достигают 40—50 м, а для остальных обычно составляют 10—15 м, указанные исследования на месторождениях, пригодных для отработки подземным способом, следует производить, как правило, лишь для верхней части разреза пород (до 40—50 м), вскрываемого при разведках. При оценке возможности промышленного использования песков, глин, известняков, доломитов, мергелей, гипсов и песчаников следует учитывать также предельный коэффициент вскрыши пустых пород, который обычно принимается для огнеупорных глин до 8, для формовочных и стекольных песков и для известняков как химического сырья не более 2, а для остальных не более 1. Непосредственно в углях определяется содержание рассеянных элементов.

## § 22. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РАЗВЕДКА

Предварительной разведкой охватывается обычно вся площадь месторождения в его геолого-структурных границах или в контурах распространения продуктивных отложений. При очень крупных размерах месторождения и в пределах угленосных районов крупных угольных бассейнов с непрерывным распространением продуктивных пород на огромных площадях предварительная разведка осуществляется в определенной последовательности на частях месторождения (угленосного района), ограниченных естественными или искусственными контурами. Естественными границами принимаются выходы пластов на поверхность, контуры генетического выклинивания угленосных пород, структурные элементы складчатых форм (оси складок, контуры их замыкания, флексурные перегибы), крупные разрывные нарушения; при непрерывном ненарушенном залегании — элементы рельефа, гидрографии, ситуации поверхности. При непрерывном ненарушенном залегании угленосных пород на больших площадях и отсутствии указанных критериев границы площади, охватываемой предварительной разведкой, принимаются условно, размеры ее должны обеспечить возможность выделения в будущем одного или нескольких шахтных (карьерных) полей, типовых для аналогичных по геологическому строению месторождений.

Перспективы развития угленосности по падению изучаются на глубину, принимаемую также с учетом практики освоения и разведки в аналогичных районах, во всех случаях с выходом за намечаемые границы будущего шахтного (карьерного) поля. Такая широта охвата оцениваемых предварительной разведкой площадей предусматривает возможность выбора в последующем для детальной разведки участков, наиболее ценных и благоприятных для промышленного освоения, и отбраковки участков с непромышленным значением

или очень сложными для разработки условиями, постановка детальной разведки на которых нецелесообразна.

Предварительная разведка должна установить:  
промышленную значимость месторождения;

общие закономерности в изменении морфологии угольных пластов и качества угля, а также степень сложности тектоники месторождения;

относительную ценность для промышленного освоения отдельных частей месторождения, наиболее благоприятные для разработки участки.

Для решения указанных задач разведочные выработки закладываются на оцениваемой площади равномерно или с определенной закономерностью в их размещении в зависимости от особенностей геологического строения района. Предварительная разведка опирается на представления о месторождении, полученные по результатам поисковых работ, и в начальном этапе в какой-то мере наследует методику работ, проведенных на поисковой стадии. Основой для выбора системы разведочных работ — характера и ориентировки разведочной сети, пространственного расположения разведочных выработок и расстояний между ними — является прогноз основных черт геологического строения месторождения, характера угленасыщенности, условий залегания угольных пластов, качества угля. Для такого прогноза используются пополненные данными поисковых работ общие представления об условиях формирования угольных месторождений, имеющиеся материалы о структурной позиции разведываемой площади в региональном плане и во взаимосвязи с более изученными смежными площадями об относительной промышленной значимости отдельных частей разреза угленосных формаций (см. § 19), а также опыт разведки и эксплуатации аналогичных месторождений. Подбор аналогов должен учитывать генетическую общность месторождений, близость прогнозируемых основных черт геологического строения изучаемого месторождения и горно-геологических условий его разработки с тем или теми месторождениями, опыт разведки и освоения которых используется.

Пространственное расположение разведочных выработок и их глубины учитывают прежде всего элементы залегания пород той части разреза угленосной толщи, которая как наиболее благоприятная для промышленного освоения является объектом изучения. При горизонтальном и пологом залегании продуктивных пород применяются квадратная, прямоугольная и ромбическая сети, при наклонном и крутом залеганиях — системы разведочных профилей, направленных вкрест простирания пород. Заложение глубоких скважин опирается на результаты изучения приповерхностных частей месторождения. Расстояния между выработками на профилях должны обеспечить получение перекрытого разреза изучаемого комплекса отложений. Получение данных о границах месторождения и об особенностях его геологического строения достигается последовательным равномерным сгущением разведочной сети путем проходки дополнительных разведочных выработок на новых профилях с сокращениями против прежних расстояниями. Для месторождений 1-й группы геологической сложности (см. § 16) расстояние между профилями разведочных скважин при наклонном залегании пород угленосной толщи, а при горизонтальном залегании — между скважинами принимается обычно в 1000—1200 м, для месторождений 2-й группы в 500—800 м. Для месторождений 3-ей группы оно устанавливается дифференцированно с учетом сложности тектоники или характера выдержанности угольных пластов. Ориентировка и характер разведочной сети уточняются и корректируются в процессе работ, устанавливается необходимая ее размерность.

Равномерное расположение разведочных выработок создает основу для общей промышленной оценки всей изучаемой площади, обеспечивает получение соизмеримых результатов, возможность применения равнозначных и равноточных методов изучения особенностей месторождения и облегчает обработку полученных данных. Однако получаемая при этом информация может служить основой только для установления общих черт геологического строения и угленосности разведываемого месторождения. Интерполяция данных по значительно удаленным друг от друга выработкам, показавшим существенные различия в мощности, строении и гипсометрии угольных пластов, часто сопровождается условностью в увязке геологических разрезов, параллелизации пластов, структурных построениях. Даже в случаях, когда геологические построения представляются достаточно убедительными (обычно сравнительно простыми), дополнительные разведочные выработки нередко вносят существенные принципиальные изменения в первоначальные варианты геологических построений.

На рис. 50 приведен пример необоснованно произведенной увязки пластов и ошибочных структурных построений разреза угленосной толщи на поле шахты Северная (Кузбасс). Хотя авторские построения основывались на данных перекрытого разреза, полученного на верхних горизонтах шахтного поля, пройденные дополнительно глубокие скважины коренным образом изменили представления о залегании угольных пластов на нижних, а частично и на верхнем более детально изученном горизонте. Рис. 51 иллюстрирует изменения в представлениях о тектонике участков № 42, 42-бис в Чурубай-Нуринском районе (Карагандинский бассейн), происшедшие после сгущения разведочной сети до  $250 \times 250$  м против ранее принятой  $500 \times 500$  м.

Результаты предварительной разведки должны создать достаточно определенные представления о степени выдержанности угольных пластов и условиях их залегания, главным образом о степени тектонической сложности разведываемой площади. Эти представления необходимы для решения вопросов о целесообразности производства дальнейших разведочных работ и для проектирования детальной разведки. С этой целью в завершающем периоде стадии предварительной разведки обоснованность геологических построений, полученных по равномерной разведочной сети, должна быть проверена сгущением выработок на нескольких опорных профилях по простиранию и падению пород угленосной толщи (взаимно перпендикулярных при горизонтальном залегании). Расстояния между скважинами на опорных профилях принимаются такими, чтобы была обеспечена объективная одновариантная увязка полученных по ним данных о изменчивости мощности и строения угольных пластов и условиях их залегания (рис. 52). Положительный эффект для установления характерных черт тектоники разведываемых месторождений (участков) дает прослеживание по простиранию выходов основных угольных пластов под покровные отложения, для чего используются геофизические методы, горноразведочные выработки и мелкие скважины.

Существенное значение для эффективности геологоразведочных работ имеет последовательность заложения разведочных выработок. Проходке глубоких разведочных скважин всегда должно предшествовать тщательное изучение приповерхностной части месторождения путем детального геокартирования, изучения структурных особенностей месторождения геофизическими методами, использования мелких горноразведочных выработок и змеевиковых или колонковых скважин. С методической точки зрения наиболее правильным является последовательное заложение выработок с учетом анализа результатов ранее пройденных. Такой порядок более эффективен с точки зрения экономии



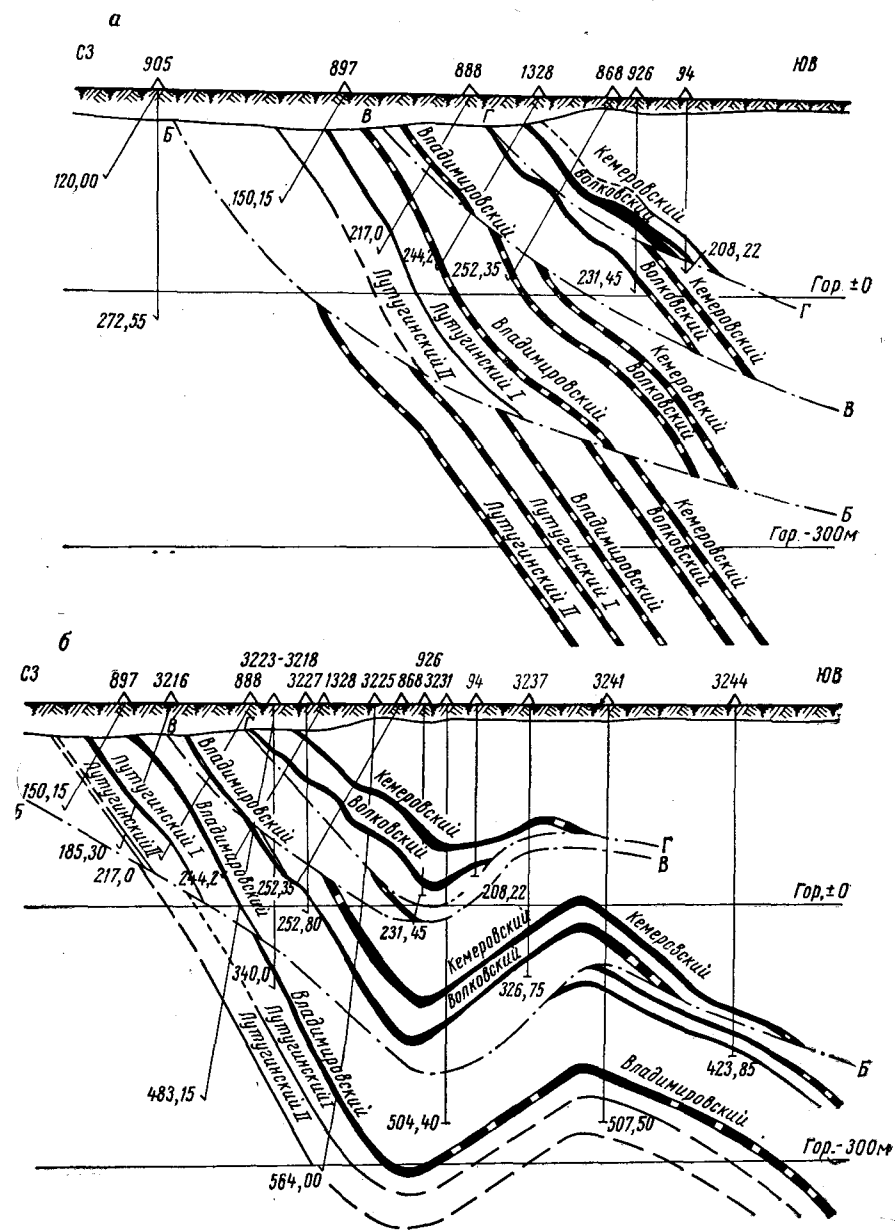


Рис. 50. Геологический разрез по XI разведочной линии на поле шахты Северная Кузнецкого бассейна. По М. Ф. Шиловскому:  
 а — по результатам бурения мелких скважин; б — с учетом бурения дополнительных глубоких скважин

физических объемов работ и их результативности, но приводит к удлинению времени производства геологоразведочных работ. Однако на первых этапах разведочного процесса, когда неясны структурные особенности месторождения, промышленная значимость различных пластов и затруднено прогнозирование интервалов их залегания, последовательное заложение выработок следует рассматривать как основной принцип разведки.

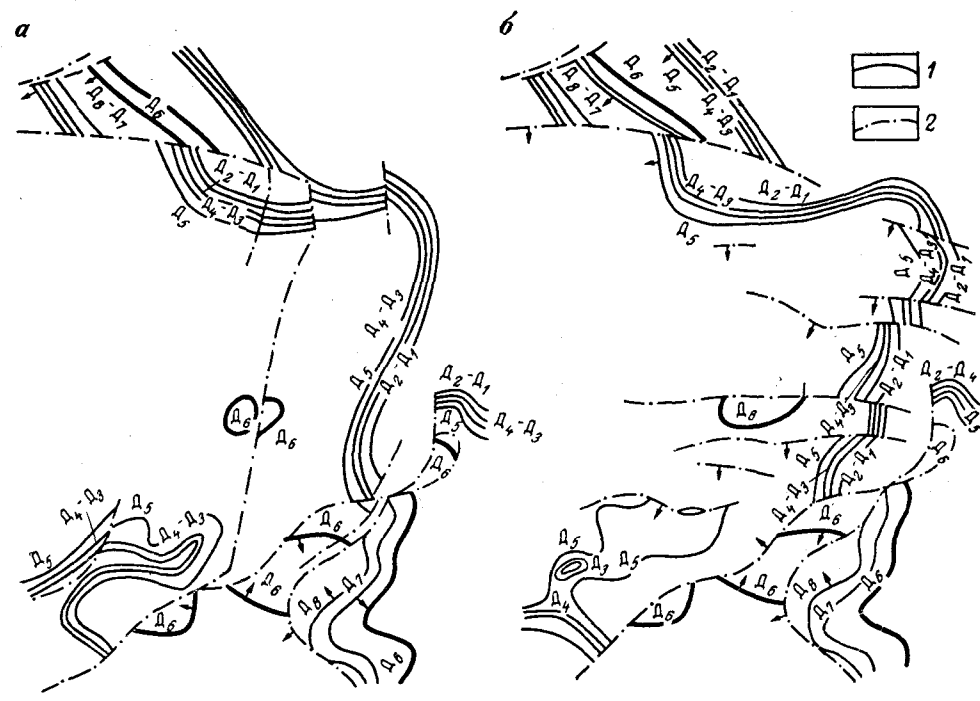


Рис. 51. Схематическая карта выходов угольных пластов на шахтном поле 42, 42-бис (Карагандинский бассейн):  
 а — по данным предварительной разведки; б — после детальной разведки. 1 — угольные пласты; 2 — разрывные нарушения

Параллельное заложение выработок резко сокращает сроки производства работ. Но поскольку при этом прогноз глубин залегания пластов может сопровождаться большими погрешностями, фактические интервалы их залегания перебуриваются без принятия соответствующих мер к обеспечению высокого выхода угольного керна. В этих случаях тонкие угольные пласты часто «пропускаются» бурением, а по пластам повышенной мощности может иметь место низкий выход керна. Кроме того, в процессе последующей обработки результатов разведки выясняется, что места заложения или глубины бурения некоторых скважин оказались неудачно выбранными и результаты их проходки не дали ожидаемых результатов. Такие случаи иногда приводят к снижению эффективности работ вследствие необходимости дополнительных затрат средств и времени на дублирование не давших нужной информации скважин или отдельных их интервалов. Поэтому параллельное заложение сразу большого количества выработок дает надлежащий эффект лишь на позднем этапе предварительной

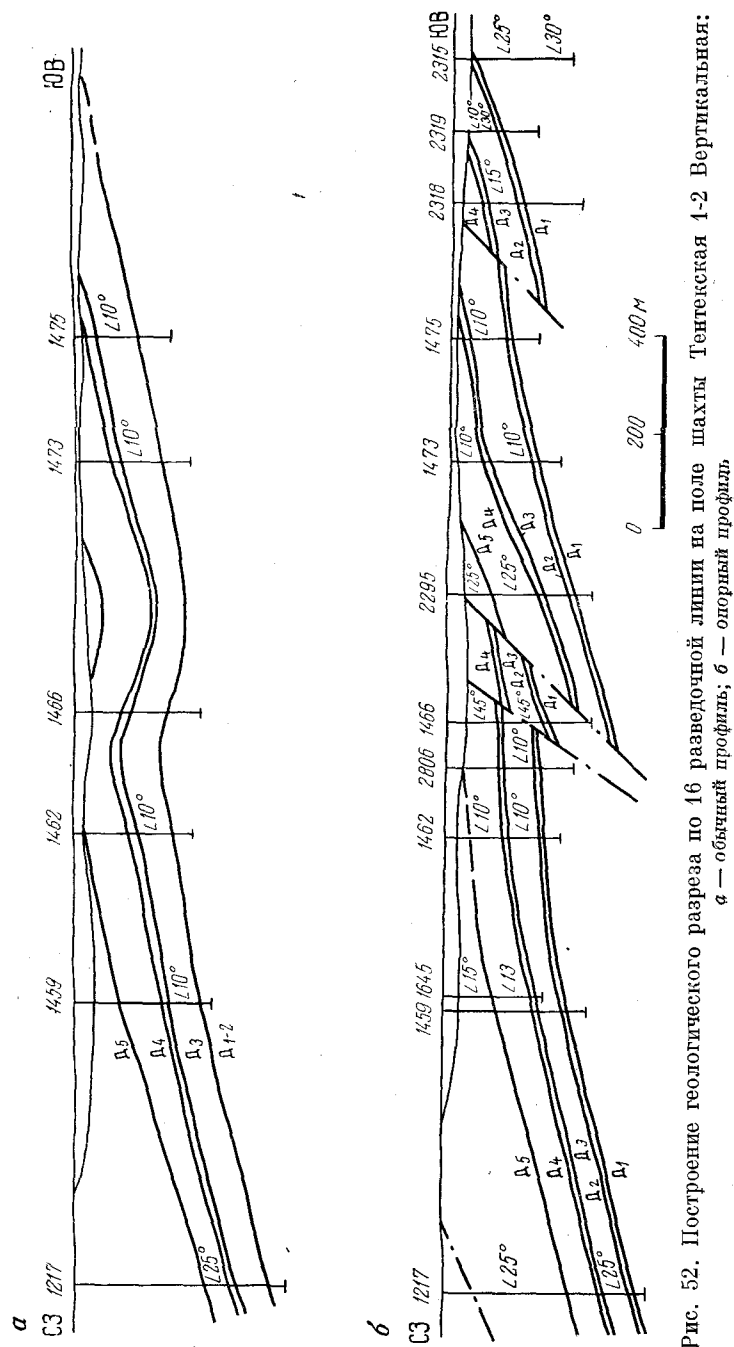


Рис. 52. Построение геологического разреза по 16 разведочной линии на поле шахты Гентекская 1-2 Вертикальная:  
 а — обычный профиль; б — опорный профиль.

разведки, когда данные предыдущих исследований обеспечивают высокую геологическую результативность этого принципа.

На опорных профилях, которыми изучаются детали тектоники, закономерности изменчивости морфологии пластов и качества углей, разведочные выработки закладываются последовательно.

В результате предварительной разведки должны быть получены вполне определенные данные о марочном составе углей, основных пространственных закономерностях изменения качества углей, что достигается опробованием всех пластопересечений в разведочных выработках, а при необходимости — специальными технологическими исследованиями. На этой стадии работ осуществляется оценка возможного практического значения попутных полезных ископаемых и компонентов.

Предварительная разведка должна обеспечить принципиальное установление способа разработки месторождения (участка), масштабов возможной угледобычи, сложности горно-геологических условий эксплуатации.

Особое внимание на стадии предварительной разведки следует уделять специфическим особенностям изучаемого месторождения. Низкое качество угля, интенсивная нарушенность, сложность гидрогеологических условий, невыдержанность морфологии пластов и т. п. могут явиться определяющим фактором для решения вопроса о целесообразности промышленного освоения месторождения. Исследования таких специфических особенностей должны и по объему, и во времени опережать другие направления работ с тем, чтобы возможно быстрее и с меньшими затратами установить целесообразность продолжения разведочных работ.

### § 23. ДЕТАЛЬНАЯ РАЗВЕДКА

Планирование и производство детальной разведки осуществляется в тесной увязке с годовыми, пятилетними и перспективными народнохозяйственными планами развития соответствующих отраслей горнодобывающей промышленности. Выбор участков для детальной разведки из фонда предварительно разведанных согласовывается с заинтересованными эксплуатационными и проектными организациями.

Постановка детальной разведки и ее конкретные задачи подвергаются соответствующему технико-экономическому обоснованию (см. § 17).

Основной целью детальной разведки является создание геологической основы для проектирования строительства новых и реконструкции действующих горнодобывающих предприятий, а также обеспечение нормального хода будущих эксплуатационных работ. Соответственно объектом детальной разведки является шахтное (карьерное) поле, в некоторых случаях — площади, прирезаемые к горному отводу действующего предприятия по простиранию или на глубину. Материалы предварительной разведки и составленные по ним технико-экономические обоснования производства детальной разведки и комплексные проекты освоения угольных шахт и карьеров создают базу для решения вопросов о технических границах будущего угледобывающего предприятия, о способе вскрытия и отработки запасов, о производственной мощности шахты (карьера), об очередности производства горно-подготовительных и очистных работ на различных частях шахтного (карьерного) поля. Изучение геологических особенностей шахтных (карьерных) полей должно увязываться с опытом ведения эксплуатационных работ, техническими направлениями развития угольной промышленности, действующими нормами технологического проектирования угольных шахт и карьеров. Поэтому на методику производства

работ при детальной разведке в равной степени оказывают влияние как природные факторы горно-геологического порядка, так и требования промышленных организаций по дифференцированной степени изученности различных частей шахтного (карьерного) поля и по повышенной детализации исследований некоторых определенных параметров, играющих существенную роль при ведении эксплуатационных работ.

Проводимые на стадии детальной разведки работы прежде всего конкретизируют и уточняют полученные в результате предварительной разведки представления об особенностях геологического строения разведываемой площади. Должны быть проверены наименее обоснованные прогнозы степени сложности тектоники: характера и степени осложненности основных структурных форм залегания пород угленосной толщи дополнительными складками, волнистостью, флексурами, разрывными нарушениями, уточняются представления о количестве, относительной промышленной значимости угольных пластов, степени их выдержанности.

Принадлежность шахтного (карьерного) поля и отдельных его частей к той или другой группе по тектонической сложности, дифференциация пространственной общей и частной выдержанности основных рабочих пластов (см. § 15), как правило, должны быть установлены вполне определенно еще на стадии предварительной разведки. И только на тех частях шахтного (карьерного) поля, для которых по материалам предварительной разведки такая определенность не была получена, в начальном периоде детальной разведки для указанных выше целей создаются дополнительные опорные профили, уточняющие и разрешающие различные варианты геологических построений. Количество опорных профилей увязывается с размерами шахтного (карьерного) поля, возможностью блоковой разработки и степенью дифференцированности выдержанности основных рабочих пластов и степени тектонической сложности на различных частях шахтного (карьерного) поля. В увязке с принципами, положенными в основу рекомендаций по размеру площади, для которой производится оценка выдержанности пластов (см. § 15), следует создавать не менее одного опорного профиля вкрест простирания наклонно залегающих пород угленосной толщи на 4 км их простирания. Опорный профиль по простиранию пород при наклонном их залегании рекомендуется совмещать с изогипсой основного пласта (на многопластовых месторождениях — одного из основных рабочих пластов, залегающего в средней части разреза продуктивной толщи), примерно соответствующей отметке вскрытия этого пласта на первом эксплуатационном горизонте. Обязательным является прослеживание выходов основных рабочих пластов под покровные отложения, что способствует расшифровке деталей тектоники, позволяя при небольшом объеме работ устанавливать наличие, характер и амплитуды мелких разрывных нарушений (рис. 53).

Материалы предварительной разведки, которой охватывается вся площадь шахтного (карьерного) поля в сочетании с дополнительными данными, полученными по опорным профилям, и результатами прослеживания выходов пластов, создают вполне достаточную геологическую основу для решения вопросов о способах вскрытия месторождения (участка), масштабах возможной угледобычи, направлении использования углей, общих горно-геологических условиях разработки. Дальнейшая детализация геологических, технологических, горно-геологических параметров производится только на площадях, намечаемых к первоочередной отработке. Таковыми являются: на карьерных полях — участки с минимальной мощностью покровных отложений, максимальной мощностью угольных пластов, наименее сложными инженерно-геологическими

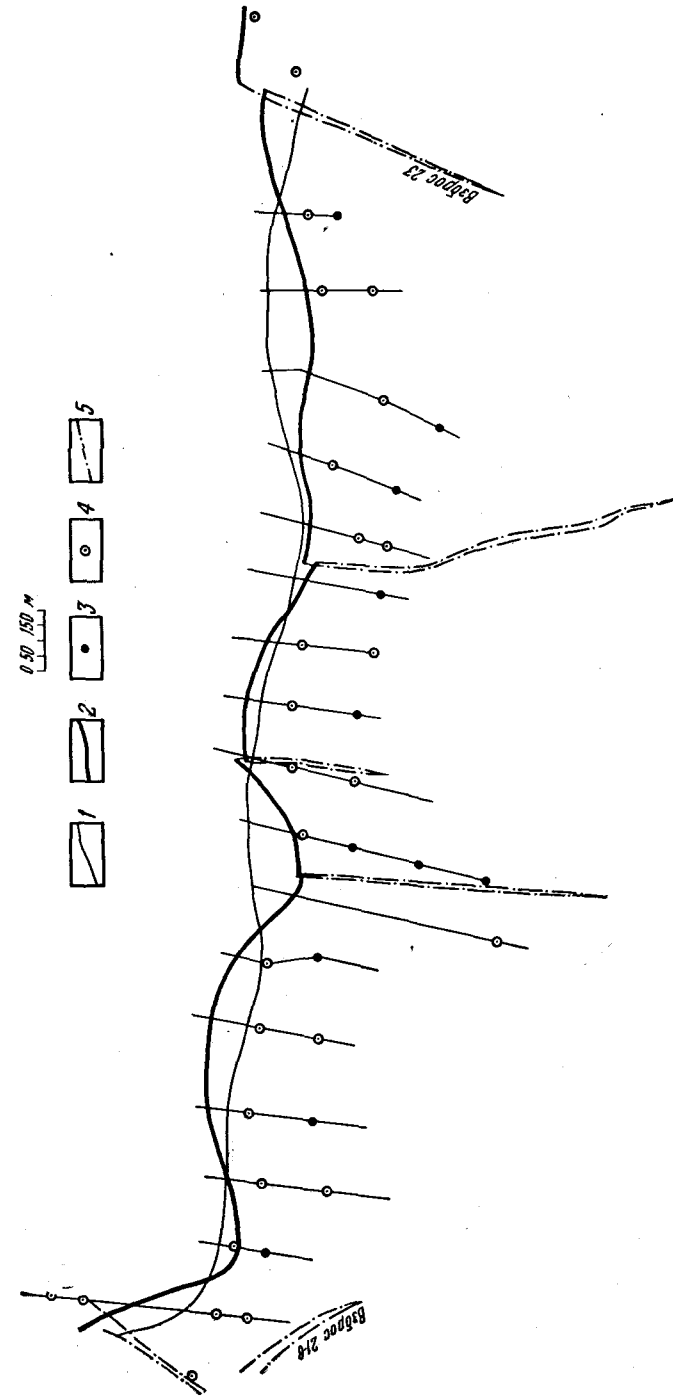


Рис. 53. Изменение построения выхода пласта на поле шахты 1-2 Тентекская (Карагандинский бассейн) в результате более детального его прослеживания.

1 — выход пласта по первоначальному построению; 2 — выход пласта с учетом дополнительных данных; 3 — скважины 1-го периода работ; 4 — скважины 2-го периода работ; 5 — разрывные нарушения

и гидрогеологическими условиями, районы заложения разрезных траншей и первых выемочных уступов; на шахтных полях — участки, где намечается проходка стволов и рудничных дворов, капитальных горноподготовительных выработок, и вскрываемых в первые 10—15 лет запасов, и уклоные поля.

Размещение площадей первоочередной отработки определяется пластовыми календарными планами развития горных работ, составляющими обязательную часть ТЭД по обоснованию детальной разведки. При доразведке полей действующих предприятий эти площади определяются техническим заданием на проектирование углубки горизонта или реконструкцию шахты (разреза). Планирование расположения выработок исходит из необходимости получить требуемое соотношение различных категорий запасов (см. § 16) не за счет возможной оценки по высоким (А и В) категориям запасов в случайных разрозненных блоках с наиболее благоприятной горно-геологической характеристикой, а за счет повышенной степени изученности монолитных площадей. При полноценно проведенной предварительной разведке и при надлежащей увязке заданий и направлений детальной разведки с заинтересованными проектными и эксплуатационными организациями при проектировании детальной разведки можно заранее наметить те блоки, запасы на которых должны быть разведаны по категориям А и В.

Необходимую плотность разведочной сети и расположение выработок определяют тектонические особенности разведываемой площади и характер угленосности — количество пластов, их взаимное расположение и степень их выдержанности.

Для угленосных площадей I и II групп тектонической сложности основным фактором, определяющим методику разведочных работ, является характер угленосности. В практике подсчета запасов углей к категории А относятся запасы, содержащиеся в выдержанных пластах в пределах монолитных ненарушенных блоков, оконтуренные горными или разведочными выработками при расстояниях между ними в 600—800 м. Для оценки по категории А запасов угля, заключенных в относительно выдержанных пластах, эти расстояния сокращаются вдвое. Запасы категории В в этом случае выделяются при вдвое разреженных (против принятых для категории А) расстояниях между выработками.

Указанные расстояния между выработками и для оценки запасов в пластах различной степени выдержанности являются ориентировочными и уточняются в каждом конкретном случае с учетом геологических особенностей разведываемой площади. В некоторых случаях они могут быть несколько увеличены без ущерба для полноты и качества промышленной оценки разведанных запасов угля. В других случаях требуется проходка дополнительных выработок для уточнения параллелизации пластов, контуров рабочей мощности, гипсометрии почвы, расшифровки причин невязки данных по смежным скважинам. Так, на месторождениях Подмосковского и Иркутского бассейнов наличие мелких участков с некондиционными мощностью пластов и зольностью углей, а также с локальным усложнением гипсометрии пластов вынуждает производить фрагментарное сгущение разведочных выработок до  $250 \times 250$  и  $125 \times 125$  м.

Для планирования развития горных работ существенное значение имеет расщепление пластов. Необходимо определить границы зон расщепления от линии, где среднепластовая зольность с учетом засорения угля породами прослоя в начавшемся расщеплении не превышает предела, установленного кондициями, до линий, где возможна раздельная отработка расщепленных частей

пласта или одной из них, сохранившей рабочее значение. В зоне расщепления между указанными линиями совместная отработка частей пласта невозможна из-за очень высокой зольности добываемого угля, а селективная выемка той или другой части затруднена неустойчивостью пород в интервалах их нахождения. Даже при сохранении рабочего значения обеих частей пласта практически обрабатывается лишь одна — верхняя или нижняя часть. Поэтому линии, по которым пласты расщепляются на части, приобретающие самостоятельное значение для эксплуатации и раздельного подсчета запасов, так же как и внутренние контуры генетического выклинивания рабочих пластов и площадей распространения с некондиционным качеством углей (сланцев) расслоения и выгорания углей, а также зоны изменения качества угля вследствие влияния интрузий, следует уточнять специальными дополнительными разведочными выработками с расстояниями на площадях первоочередной отработки 150—200 м. Принципы и параметры отстройки линий расщепления пластов должны быть согласованы с проектирующей и эксплуатационной организациями.

Существенное значение для выбора необходимой плотности разведочной сети имеет дифференциация различной степени выдержанности разведываемых пластов.

Относительно простыми для разведки являются объекты, промышленная ценность которых связана с одним или несколькими пластами примерно одинаковой степени выдержанности. Выработанная практикой плотность разведочной сети обеспечивает по таким объектам достаточно обоснованные представления о морфологии угольных пластов и закономерностях ее изменения. Получаемое при этом соотношение запасов категорий А, В и С<sub>1</sub> нередко даже превышает требования, установленные действующими положениями о подготовленности месторождений для промышленного освоения.

При разведке многопластовых месторождений выбор расстояний между выработками при детальной разведке, как правило, основывается на той группе пластов, которая включает основные запасы углей.

Анализ материалов по детально разведанным в последние годы участкам многопластовых месторождений Донецкого бассейна показывает, что такой группой в подавляющем большинстве случаев являются относительно выдержанные пласты. Для месторождений Кузнецкого и Карагандинского бассейнов с этой группой также связано значительное (около 30%) количество запасов (табл. 24).

Таблица 24  
Относительное количество запасов, содержащееся в пластах различной степени выдержанности

Бассейн	Количество разведанных объектов	% запасов от общих в пластах		
		выдержанных	относительно выдержанных	невыдержанных
Донецкий	54	36	47	17
в том числе				
Донецкая обл.	14	34	52	14
Ворошиловградская обл.	30	35	44	21
Днепропетровская обл.	10	38	45	17
Кузнецкий	16	51	28	21
Карагандинский	16	59	34	7

Опыт утверждения ГКЗ СССР материалов подсчета запасов показывает, что нормативное (см. § 16) соотношение запасов категорий А, В и С<sub>1</sub> в целом для шахтного (карьерного) поля обеспечивается, как правило, при условии высокой степени разведанности как выдержанных, так и относительно выдержанных пластов. Формальное достижение требуемого соотношения категорий запасов за счет повышенной степени разведанности только выдержанных пластов или за счет относительно высокой доли участия заключенных в пластах этой группы запасов в общих для шахтного (карьерного) поля приводило и приводит к неоправданным осложнениям при вскрытии и отработке недоразведанных относительно выдержанных пластов.

Высокая доля участия запасов угля, заключенных на многопластовых месторождениях в относительно выдержанных пластах, и то обстоятельство, что они повсеместно являются объектами промышленного освоения, определяют необходимость большей направленности разведочных работ на детальное изучение горно-геологических условий разработки именно этой группы пластов. Система расположения разведочных выработок и густота разведочной сети должны обеспечивать возможно большую точность установления контуров промышленного распространения этих пластов, более детальное изучение закономерностей в изменении их мощности и строения, сингенетических и эпигенетических факторов, влияющих на изменчивость их морфологии и на промышленную их значимость. Как правило, следует стремиться к получению в результате разведки нормативного или близкого к нему соотношения категорий запасов по пластам этой группы даже если это приводит к несколько излишней детальности изучения залегающих с ними совместно выдержанных пластов.

Невыдержанные пласты, залегающие в комплексе с выдержанными и относительно выдержанными пластами, обычно не являются самостоятельными объектами разведки. Оценка степени их разведанности производится по данным выработок, которыми они были попутно вскрыты при разведке основных рабочих пластов и по которым производится отбор проб для изучения качества угля и других специальных исследований. Доразведка их при необходимости производится в процессе эксплуатации.

Но в некоторых случаях невыдержанные пласты при условии содержания ценных по качеству углей и благоприятных горно-геологических условиях разработки (Донецкий бассейн), а также при ограниченности запасов, заключенных в пластах более высоких групп выдержанности, например в Челябинском бассейне и других дефицитных по топливу районах, являются основными объектами разработки и соответственно разведки.

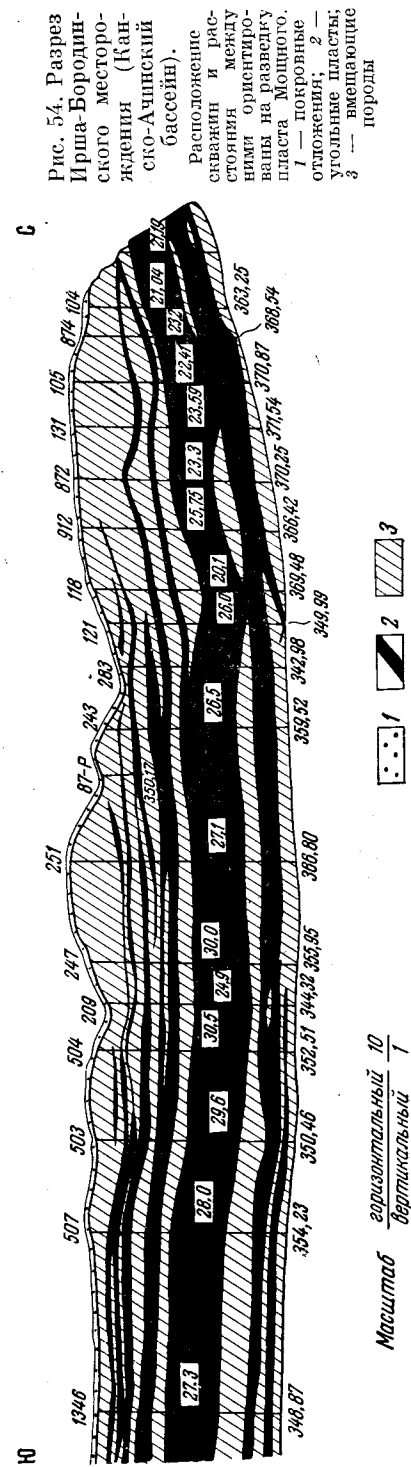
В связи с резкой изменчивостью морфологии невыдержанных пластов, близостью значений их мощности и зольности угля к пределам, установленным условиями, и необходимостью оконтуривания участков, на которых эти пласты утрачивают рабочее значение, разведка их производится по густой сети выработок (150—300 м). При этом эффективность больших затрат средств и времени остается низкой, так как разведочные средства не обладают разрешающей способностью для создания надежных представлений о контурах промышленного распространения и закономерностях изменчивости основных параметров промышленной оценки. Разведанные по невыдержанным пластам запасы обычно оцениваются не выше, чем по категории С<sub>1</sub>, реже по категории В.

Месторождения (участки) с преобладанием запасов, заключенных в невыдержанных пластах только по этой причине (даже при несложной тектонике), относятся ко 2-й и 3-й группам по сложности геологического строения, освоение которых допускается при наличии категорий В + С<sub>1</sub> или только С<sub>1</sub>.

Наличие в разрезе угленосной толщи мощных и сверхмощных угольных пластов требует специализированного подхода к их изучению. В том случае, когда эти пласты по горно-геологическим и технико-экономическим условиям могут явиться объектом открытой добычи (что подтверждается укрупненным технико-экономическим расчетом или аналогией с опытом их разработки в районе), разведочные работы ориентируются на детальное изучение именно этих пластов. При сложном строении и наличии мощных породных прослоев, выемка которых будет осуществляться селективно, детально изучаются закономерности в изменении мощности и строения каждой из частей пласта, которая может явиться самостоятельным объектом вскрытия и отработки. В контуре намеченной отработки открытым способом мощных пластов детальному изучению подвергаются залегающие выше по разрезу (рис. 54) менее мощные пласты рабочего значения. Детальная разведка нижележащих пластов обычно не производится и степень их изученности, как правило, остается той, которая достигнута на стадии предварительной разведки.

При детальной разведке мощных и сверхмощных пластов сложного строения, предназначенных к отработке подземным способом, должна быть обеспечена надежная параллелизация тех частей пласта, которые вследствие наличия мощных и выдержанных породных прослоев будут иметь самостоятельное промышленное значение. Каждую из таких частей следует рассматривать как самостоятельный пласт, требующий индивидуального подхода к его изучению.

На первоочередных участках отработки относительно слабо нарушенных шахтных (карьерных) полей должны тщательно изучаться структурно-тектонические условия залегания угольных пластов. Необходимо однозначно определить формы и размеры находящихся в пределах этих площадей основных структурных элементов, положение осей складок, флексурных перегибов, разрывных нарушений с амплитудой более 10—15 м при пологом и горизонтальном и 20—25 м при наклонном и крутом залегании пород, элементы залегания пликативных и разрывных структур.



Для шахтных (карьерных) полей и отдельных их частей, относимых к III и IV группам тектонической сложности, основным природным фактором, определяющим пространственное расположение разведочных выработок и расстояния между ними, является тектоника. Ограниченные размеры тектонических блоков с проявлением в них дополнительных мелкоамплитудных разрывов исключает возможность использования здесь нормативов расстояний между выработками, принимаемых для оценки запасов различных категорий по выдержанным и относительно выдержанным пластам на ненарушенных месторождениях или в крупных блоках месторождений II группы.

Детальная разведка интенсивно нарушенных шахтных (карьерных) полей требует значительного сгущения разведочных профилей и скважин на профилях, а также проходки дополнительных коротких профилей и одиночных выработок вне основной сети для определения элементов дополнительной складчатости, разрывных нарушений и уточнения их характера и местоположения.

Расшифровка тектоники месторождений является одной из сложнейших задач разведки. В процессе разведочных работ создаются рабочие гипотезы, различные варианты построений, подтверждаемые или опровергаемые получаемыми фактическими данными. Для прогноза используются научно-теоретические обобщения об основных типах складчатости и разрывных дислокациях, об условиях их формирования, о физике деформаций, о взаимосвязи складчатых и разрывных форм нарушений, о зональности проявления тектоники на территории основных угольных бассейнов. Обобщаются и анализируются материалы по тектонике района месторождения, по освоенным промышленностью и детально разведанным его частям, по тектонике месторождений и участков со сходными чертами геологического строения.

Положительный эффект дает ориентировка разведочных профилей вкост направлении основных систем разрывных нарушений, детальное прослеживание выходов пластов и маркирующих горизонтов, заключенных в угленосных отложениях. Тщательно анализируются сопоставимость стратиграфических и литологических горизонтов в смежных выработках (по керну и каротажным диаграммам). Для параллелизации разрезов используются маркирующие горизонты, геофизические реперы, особенности строения и качества угля различных пластов.

В наиболее сложных случаях (в частности, на угленосных площадях IV группы тектонической сложности) разведочными средствами не удается получить бесспорного однозначного варианта структурных построений. Дальнейшее сгущение сети, которым по существу не достигается повышения степени достоверности увязки разведочных данных, становится нецелесообразным даже по экономическим критериям (неоправданность затрат). По мелким локальным тектонически сложным участкам содержащиеся в них запасы угля вообще не подсчитываются, по крупным — следует производить технико-экономический расчет целесообразности отработки заключенных в них запасов. Если такая целесообразность доказана, то необходимое для проведения очистных работ уточнение условий залегания углей производится опережающими горно-подготовительными выработками и планомерно проводимой эксплуатационной разведкой.

Особое внимание при детальной разведке следует уделять изучению условий залегания угольных пластов на их выходах под покровные отложения, где необходимо с достаточной степенью достоверности установить положение выхода пласта, границ зон окисления и выветривания углей, а также физического

изменения вмещающих пород. Следует иметь в виду, что при наличии мощных обводненных покровных отложений выходы пластов могут явиться дренажной для поступления в горные выработки крупных водопритоков, и в соответствии с рельефом коренных пород у выходов пластов необходимо оставлять определенной размерности предохранительные целики. При пологом залегании пластов положение границ зон физического и химического выветривания углей и пород должно определяться с точностью не менее 50 м в плоскости пласта, при наклонном и крутом падении пластов с точностью до 10 м по вертикали.

Дополнительные разведочные работы на флангах шахтного (карьерного) поля и эксплуатационных блоков, а также на глубоких горизонтах полей производятся при детальной разведке лишь для выяснения каких-либо нерешенных при предварительной разведке принципиальных вопросов геолого-промышленной оценки приуроченных к ним запасов. Для прогноза горно-геологических параметров на этих частях шахтных (карьерных) полей используются непосредственные наблюдения и замеры в пройденных выработках и привлекаются закономерности и коррелятивные связи между отдельными параметрами (например, между расслоением пластов и зольностью угля, стратиграфическим положением пласта и марочным составом угля), выявленные на более детально разведанных частях месторождения.

При наличии в границах шахтного (карьерного) поля сопутствующих полезных ископаемых должна быть установлена их промышленная значимость и произведен подсчет запасов. Степень изученности сопутствующих полезных ископаемых должна обеспечивать разработку технико-экономического обоснования кондиций на выявленные виды минерального сырья.

Эффективность геологоразведочных работ может быть существенно повышена за счет осуществляемых в процессе разведки систематического обобщения и анализа получаемых данных и своевременной корректировки проектов. На конечном этапе предварительной разведки и на стадии детальной разведки следует использовать метод рабочих гипотез (метод геологических построений по Е. О. Погребницкому). Для обоснования заложения выработок и установления их проектных глубин составляются прогнозные геологические разрезы и гипсометрические планы основных угольных пластов (при необходимости погоризонтные планы, тектонические схемы, планы изменения основных показателей качества угля). Разведочные выработки закладываются в экстремальных точках изменчивости основных параметров и в районах резкой невязки данных по смежным выработкам.

#### § 24. ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЕ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Геологические исследования на месторождении начинаются с момента его выявления и завершаются вместе с окончанием эксплуатационных работ.

Освоение месторождения сопровождается планомерным уточнением деталей тектоники, морфологии пластов, качества углей и горнотехнических условий эксплуатации. С целью пополнения данных для более обоснованного и точного планирования и проектирования развития горно-подготовительных и горно-эксплуатационных работ, уточнения геологических прогнозов и повышения степени изученности более слабо разведанных частей шахтного (карьерного) поля на всех месторождениях твердых полезных ископаемых, и в частности на месторождениях углей, после завершения детальной разведки и передачи в промышленное освоение осуществляется большой объем дополнительных разведочных работ и геологических исследований.

Для более тесной увязки деятельности геологических, проектных и эксплуатационных организаций и планирования направления, объемов и сроков производства необходимых дополнительных исследований целесообразно установить четкое подразделение геологоразведочных работ в увязке с основными этапами промышленного освоения месторождений и характером поставленных перед этими работами задач. На угольных месторождениях геологоразведочные работы и геологические исследования, проводимые на переданных в промышленное освоение месторождениях, могут быть подразделены на три основных направления: 1) подготовительная (вскрышная, промышленная) разведка; 2) планомерная доразведка горных отводов шахт и карьеров по мере развития горно-эксплуатационных работ и 3) эксплуатационная разведка.

**Подготовительная разведка** проводится до начала строительства шахты (карьера) в увязке с окончательно принятыми проектными решениями по вскрытию и отработке детально разведанного месторождения (участка). При разработке технического проекта строительства (реконструкции) шахты (карьера) производится уточнение границ шахтного (карьерного) поля, местоположения капитальных горно-подготовительных выработок (стволов, рудворов, капитальных квершлаггов, разрезных траншей, и т. п.), участков первоочередной разработки, расположения площадок для строительства производственных и жилых объектов и решение других вопросов, связанных с подготовкой месторождения (участка) для его вскрытия.

Специфичной особенностью методики разведки угольных месторождений является применение относительно редкой сети разведочных выработок. Только на наиболее сложных по геологическому строению участках расстояния между выработками на площадях, намеченных к первоочередному освоению, принимаются в 150—200 м, в большинстве случаев они составляют 500—600 м и более. Поэтому на вскрываемых при строительстве участков разведочных выработок может вообще не оказаться или количество их будет недостаточным для объективного представления об условиях проходки стволов шахт, разрезных траншей, капитальных горно-подготовительных выработок, отработки первых выемочных участков.

Резкое повышение размеров капиталовложений на строительство новых и реконструкцию действующих крупных угледобывающих предприятий определяет необходимость максимального снижения производственного риска за счет неполноты или неполноценности разведочных данных. Поэтому в увязке с проектными решениями до начала строительства для уточнения инженерно-геологических условий проходки стволов шахт, разрезных траншей карьеров и получения на участках, предназначенных к первоочередной отработке, дополнительных данных о морфологии пластов, качестве угля и горнотехнических условиях производится бурение скважин в точках на линиях и площадях, сопряженных с намеченным проектом местоположением вскрышных и основных капитальных выработок. Объем таких работ достигает значительных размеров на крупных шахтах и разрезах и особенно на месторождениях 2-й и 3-й групп по геологической сложности. Выше (§ 16) указывалось, что на сложных месторождениях при установлении невозможности или экономической нецелесообразности достижения разведкой степени изученности запасов по категории А (а иногда и В) месторождение (участок) передается в промышленное освоение с запасами, оцененными по категориям В и С<sub>1</sub> или только по категории С<sub>1</sub>.

Такое решение исходит из достаточности геологической информации для обоснования принципиальных положений о способе вскрытия и технологии отработки разведанных запасов, разрешенности вопроса о рентабельности раз-

работки месторождения (участка), гарантированном возврате капиталовложений на его освоение. Но оно не может рассматриваться как отождествление запасов категории В на участках 2-й группы классификации и категории С<sub>1</sub> на участках 3-й группы с запасами категории А на участках 1-й группы. Оценка запасов по результатам детальной разведки только по категориям В и С<sub>1</sub> указывает на повышенную сложность геологического строения разведанных площадей. Несмотря на равную, а часто более высокую плотность разведочной сети, применяемой при геологических исследованиях, закономерности изменчивости морфологии угольных пластов, положение контуров их промышленного распространения, детали тектоники здесь остаются недостаточно выясненными. Дополнительное изучение месторождений со сложным геологическим строением ведется до начала строительства на участках, намеченных к первоочередному вскрытию, и в процессе эксплуатации в увязке с календарными планами развития горных работ.

Необходимость дополнительных геологоразведочных работ, определяющаяся в процессе составления технического проекта строительства (реконструкции) шахт и разрезов, связана также со значительным разрывом во времени между завершением детальной разведки и началом промышленного освоения разведанного месторождения (участка). Детально разведанные площади формируют планомерно наращиваемый резервный фонд будущего строительства новых шахт и разрезов. Сроки освоения их планируются с учетом изменяющихся потребностей в угле того или иного качества в различных экономических районах и стране в целом. Во многих случаях этот фонд используется для прирезок к горным отводам смежных действующих горнодобывающих предприятий для продления сроков службы шахты (разреза) в целом или работающих горизонтов. Оставшиеся части детально разведанных площадей в этом случае уже не представляют полноценного резерва для строительства новых предприятий по количеству, соотношению и пространственному размещению запасов различных категорий. Распирение их за счет слабо разведанных площадей определяет необходимость осуществления дополнительных разведочных работ для создания надежной геологической базы строительства нового предприятия.

Следует также учитывать, что непрерывно происходящий научно-технический прогресс в технологии добычи и переработки сырья и повышение требований к экономическим показателям работы горнодобывающей промышленности отражаются в изменениях технических направлений и норм технологического проектирования шахт и разрезов, в частности в увеличении проектных мощностей предприятий, освоении запасов на больших глубинах и т. п. При разработке технических проектов в границы новой шахты (разреза) включаются несколько детально разведанных участков или смежные их части, оставшиеся от прирезок к действующим предприятиям. При этом менее разведанные площади по проектным решениям могут оказаться районами первоочередной разработки и на них необходимо проведение значительного объема дополнительных разведочных работ.

Такие работы не могли быть предусмотрены при проектировании детальной разведки, когда проектная мощность предприятия, технические границы шахтного (карьерного) поля, местоположение участков вскрытия и первоочередной разработки определялись с известной степенью условности и они, так же как и бурение на участках вскрытия месторождения, включаются нами в понятие подготовительной разведки.

**Доразведка горных отводов действующих предприятий.** Большие объемы разведочных работ систематически производятся с целью повышения степени

разведанности запасов угля, заключенных в горных отводах действующих предприятий.

Наличие относительно слабо изученных при детальной разведке запасов в отдельных угольных пластах или на отдельных частях шахтных (карьерных) полей определяется смыслом и содержанием действующей классификации запасов твердых полезных ископаемых. Как отмечалось в § 18, детальное изучение месторождения до степени, обеспечивающей оценку всех его запасов до категории А (на сложных по геологическому строению участках до категории В), привело бы к неоправданному замораживанию ассигнований, выделяемых на разведочные работы. Поэтому глубокие горизонты и фланговые части шахтных (карьерных) полей, второстепенные пласты угля обычно разведываются менее детально, и составление проектов, а также выделение капиталовложений на строительство новых и реконструкцию действующих горнодобывающих предприятий осуществляется при наличии в горных отводах значительного количества запасов категории  $C_1$  — от 50 до 100% от общего количества запасов, разведанных по категориям А, В и  $C_1$ . Имеется в виду, что запасы категории  $C_1$  по мере развития горно-эксплуатационных работ будут постепенно и планомерно переводиться в более высокие категории, причем планирование необходимых для этого работ будет облегчено данными, полученными при эксплуатации.

Такая доразведка слабо разведанных частей шахтных и карьерных полей, а также второстепенных по промышленному значению рабочих пластов производится путем проходки горно-подготовительных выработок и скважин подземного бурения, а во многих случаях и дополнительными разведочными скважинами, проходимыми с поверхности месторождений.

Проводимая на действующих шахтах и разрезах доразведка часто связана с необходимостью их реконструкции, при которой намечается вскрытие новыми горно-капитальными выработками запасов на площадях, значительно удаленных от фронта горно-эксплуатационных работ и оцененных после детальной разведки только по категории  $C_1$ . Реконструкция действующих предприятий связана нередко с большими капиталовложениями, и подход к обеспечению ее проектирования геологической базой аналогичен по условиям и задачам детальной разведке новых месторождений.

Методика разведочных работ при доразведке в общем аналогична применяемой при детальной разведке. Но при определении необходимой плотности разведочной сети, местоположения разведочных скважин, задач по изучению качества угля и горнотехнических условий эксплуатации здесь возможно более полно и обоснованно учитывать опыт эксплуатации, данные шахтной геологии об особенностях морфологии пластов, характере и степени тектонической нарушенности, выявленные закономерности в проявлении этих и других горно-геологических параметров.

Эксплуатационная разведка проводится в процессе отработки месторождения, опережая и ориентируя при необходимости развитие очистных работ. В задачи ее входят: уточнение контуров промышленного значения угольных пластов, деталей тектоники, качества углей, горнотехнических условий эксплуатации, а также контроль за полнотой выемки запасов и безопасностью ведения работ. Обычно эксплуатационная разведка осуществляется на тех участках, для которых при разведке не было получено достаточно полной информации по перечисленным вопросам, или на участках, при вскрытии горными выработками которых были получены данные, не соответствующие предполагавшимся по результатам разведки. Основой эксплуатационной разведки является

тщательная геологическая документация горно-подготовительных и эксплуатационных выработок, систематическое опробование в них угля, наблюдение, обобщение и анализ данных о горнотехнических условиях эксплуатации, составление разведочных данных с материалами шахтной геологии.

Для оперативного решения отдельных вопросов, связанных с эксплуатацией, капитальным строительством, планированием развития горных работ, обеспечением безопасности их ведения на участках со сложными горно-геологическими условиями, производится бурение скважин с поверхности и из горных выработок, опережающая проходка горно-подготовительных или специальных горно-разведочных выработок. Задачи, условия и методика производства эксплуатационной разведки, а также геологической документации горных выработок на действующих предприятиях подробно рассмотрены в работах П. В. Васильева, С. П. Васильева, В. С. Попова, В. М. Омеляновича и др.



Глава V  
ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА УГЛЯ

§ 25. ОПРОБОВАНИЕ

Опробование углей при разведке проводится с целью определения их марки и технологической группы, получения характеристик качества угля по всем основным показателям и выявления закономерностей в изменениях этих показателей на разведанной площади. По результатам опробования определяются рациональное направление промышленного использования углей и перспективы изменения качества угля на месторождении по мере развития эксплуатационных работ. Изучение вещественного состава углей и их качества служит также целям познания геолого-генетических особенностей месторождения, условий углеобразования и процессов формирования месторождения, что в совокупности используется в дальнейшем для суждения о качестве угля слабоизученных угленосных площадей и месторождений, находящихся в аналогичных геологических условиях.

В процесс опробования входят: отбор проб, обработка их, исследования в лабораторных, полужаводских или заводских условиях, обработка результатов по каждому виду исследований и обобщение данных о качестве угля по совокупности результатов проведенного изучения всеми использованными методами.

Методика опробования полезных ископаемых и, в частности, углей освещена во многих специальных работах. Из опубликованных в последние годы наиболее полными являются монографические работы М. Н. Альбова (1965), В. С. Веселовского (1963), В. Р. Клера (1975 г.). В настоящем разделе в краткой форме изложены основные положения по отбору проб, их обработке и порядку производства анализов и испытаний, а в последующем разделе — методические принципы выбора направления исследований качества углей и обработки их результатов.

**Отбор проб** при разведке угольных месторождений производится в обнажениях и расчистках выходов угольных пластов, из забоев и стенок горно-разведочных выработок, керн буровых скважин, а на разрабатываемых месторождениях — из эксплуатационных горных выработок. Некоторые показатели качества угля изучают по образцам, отобранным боковым стреляющим грунтоносом при каротаже скважин.

Отбор проб в обнажениях и горных выработках при разведках углей производится бороздовым, валовым, штуфным и точечным способами.

**Бороздовым** способом проба отбирается из борозды прямоугольного сечения, проведенной на обнаженной поверхности пласта. Форма и размеры борозды зависят от мощности пласта и сложности его строения, расположение борозды — от угла падения пласта, типа и направления горной выработки, условий, в которых производится отбор пробы. Ширина борозды обычно принимается 25—15 см, глубина 3—6 см. Бороздовым способом отбираются пластово-дифференциальные и пластово-промышленные пробы.

Пластово-дифференциальная проба характеризует качество каждого угольного пропластка и каждого породного прослоя, входящих в угольный пласт. Породные прослои мощностью менее 1 см рассматриваются как составные части тех угольных слоев, с которыми они имеют более прочный контакт. При однородном строении угольного пласта дифференциальные пробы отбирают по интервалам мощностью 0,5—1 м, в мощных (более 10 м) пластах — по интервалам 2—3 м.

Пластово-промышленная проба характеризует качество угля в совокупности всех составляющих его угольных пачек и породных прослоев. В пластово-промышленную пробу включаются содержащиеся в пласте угольные пачки и породные прослои, за исключением селективно вынимаемых при эксплуатации.

Бороздовый способ является основным для отбора проб, направляемых на исследования вещественного и химического состава, физических свойств углей, лабораторного и полужаводского изучения их технологических свойств. Условия отбора этим способом пластово-дифференциальных и пластово-промышленных проб регламентированы ГОСТ 3249—46. Достоверность бороздового опробования зависит от контрастности величин исследуемых показателей качества угля и соблюдения технических условий отбора пробы. Согласно ГОСТ 9815—61 расхождения в зольности угля по результатам исследования пластово-промышленной и пластово-дифференциальной проб, отобранных в смежных бороздах, не должны превышать 10% относительных.

При **валовом** способе в пробу включается весь материал, полученный при проходке определенного интервала горной выработки, пройденной на всю мощность пласта. Породные прослои, которые могут быть селективно отобраны при эксплуатации, в пробу не включаются.

Валовый способ используется для отбора большевесных проб, направляемых для изучения технологических свойств углей в полужаводских или заводских условиях.

**Штуфной** способ заключается в отборе некоторого количества кусков (штуфов) угля по определенной сетке или линии. Штуфы размером 5 × 5 × 5 или 10 × 10 × 10 см отбирают по каждой отдельной угольной пачке и слою. Применяется этот способ для изучения состава и свойств петрографических разновидностей угля и определения объемной массы углей методом гидростатического взвешивания образцов.

**Точечный** способ заключается в отборе небольших кусков (порций) угля со стенок или забоя выработки из точек, расположенных на определенных расстояниях друг от друга по сетке той или иной формы и размеров. Отобранные куски (порции) объединяются в общую пробу, направляемую на те же виды исследования, что и пробы, отобранные бороздовым способом.

**Отбор проб в разведочных скважинах** производится из керна, поднятого в интервале исследуемого угольного пласта, и образцов, извлеченных при каротаже боковым стреляющим грунтоносом.

Извлеченный и уложенный в соответствии с его положением в керноприемнике керн угля и породы из интервала нахождения угольного пласта очищается (промывается) от бурового раствора и случайных примесей. Производится подразделение его по слоям с учетом последовательности нахождения в керноприемнике, наличия макроскопически выраженных петрографических разновидностей угля и породных прослоев, а также данных каротажа. Устанавливается положение (отметка) контактов пласта в целом и выделенных слоев, выход керна (также по пласту и слоям), производится его описание и упаковка для направления в проборазделочную.

Керновое опробование по существу является бороздовым способом и допускает возможность пластово-дифференциального и пластово-промышленного изучения качества угля. Однако на достоверности результатов исследований резко сказывается полнота и сохранность извлекаемого из скважины материала. Выше (см. § 20) отмечалось отрицательное влияние на выход керна многочисленных организационных, технических и геологических причин, приводящее к погрешностям в определении мощностей и строения угольных пластов.

При обработке результатов исследования качества углей, базирующихся в основном на анализах керновых проб, наблюдаются значительные колебания в величинах основных показателей. Во многих случаях эти колебания не отражают истинной картины изменчивости тех или иных показателей под влиянием каких-то геологических и генетических причин, например пространственного изменения вещественного состава углей и степени их метаморфизма. Часто они являются следствием неодинаковой представительности проб из-за различий в полноте выхода и сохранности керна. Как указывалось выше, бурение сопровождается избирательным истиранием угля и пород, при этом происходит выкрашивание и потери в кернах отдельных слагающих пласты ингредиентов, различных по хрупкости и вязкости. В частности, для углей средней степени метаморфизма характерно выкрашивание наиболее трещиноватых и хрупких блестящих литотипов, причем величина потери керна зависит от мощности прослоев этих литотипов и тем меньше, чем тоньше переслаивание блестящих матовых и минерализованных ингредиентов. Более устойчивы к разрушению дюреновые угли, характеризующиеся повышенной вязкостью и менее развитой эндогенной трещиноватостью. Сравнительно легко разрушаются прослойки мягкого фюзена.

Избирательное истирание керна отражается на колебаниях в определениях количественного состава микрокомпонентов петрографически неоднородных угольных пластов и на представительности всех основных показателей качества углей, прежде всего зольности. Часто керн засоряется породными примесями за счет глинистого раствора, кусочков породы из кровли и почвы пласта, иногда при обработке керна происходит искусственное обогащение пробы удалением внутрипластовых прослоев, неправильно относимых к породам кровли или почвы. Поэтому анализы угля керновых проб одного и того же пласта дают значительные незакономерные расхождения и прежде всего в показателях зольности, большей частью в сторону ее завышения против истинного значения.

Сопоставление данных опробования по керну и горным выработкам показывает, что для пластов простого строения с устойчивыми породами кровли и почвы определения зольности по пробам, отобраным в скважинах, являются достаточно представительными. Для пластов сложного строения с неоднородным вещественным составом отдельных слоев угля и при неустойчивых породах кровли и почвы пластов значения зольности, определенные по керну, искажаются тем больше, чем меньше выход керна и чем хуже сохранность структуры пласта.

На многих месторождениях коксующихся углей, представленных блестящими хрупкими разностями (например, месторождения Кузнецкого бассейна, связанные с кольчугинской серией, Чульмаканское месторождение Южно-Якутского бассейна), керн из скважин в большинстве случаев поднимается в мелкоизмельченном виде. Определить, какие породные включения попали в пробу за счет внутрипластовых прослоев и какие за счет пород кровли и почвы, обычно не представляется возможным. Глинистые частицы из бурового раствора, обволакивающие мелкие кусочки угля, не удаляются простой отмывкой. Вслед-

ствие этого значения зольности угля, полученные по рядовым керновым пробам из пластов сложного строения, колеблются в значительных пределах, а средние показатели, вычисленные для пластов, оказываются неточными, обычно завышенными.

В последние годы в Кузбассе широкое распространение получила практика предварительной (перед анализом) флотации керновых проб, зольность которых превышает 9%. Сопоставление результатов анализов флотированных керновых проб с данными дифференциального опробования по горным выработкам показывает удовлетворительную сходимость для показателей зольности чистых угольных пачек (материнской зольности угля). Дальнейшие анализы флотированных проб на выход летучих веществ, пластометрические показатели, элементарный состав и теплоту сгорания дают более стабильные и правильные результаты для характеристики этих показателей качества угля и установления закономерностей изменения их на разведанной площади. Этот метод вполне оправдывает себя при оценке качества углей пластов простого строения, но его следует более осторожно применять при разведке пластов сложного строения. Среднепластовая зольность углей пластов сложного строения (с учетом засорения внутрипластовыми породными прослоями) определяется в этом случае расчетом с использованием в основном данных каротажа о положении и мощности породных прослоев. В связи с тем, что каротаж не обеспечивает уверенного выделения маломощных породных прослоев и высокозольных разностей углей (удаляемых при флотации), при расчетном определении среднепластовой зольности по флотированным пробам могут быть допущены существенные ошибки.

Значения выхода летучих веществ и толщины пластического слоя, определенные по керновым пробам, часто занижаются против определенных по пробам из горных выработок, особенно для петрографически неоднородных углей, за счет преимущественного выкрашивания наименее зольных блестящих разновидностей, но иногда выход летучих веществ повышается вследствие обогащения керна минеральными примесями.

Проведенным В. И. Скоком (1959) сопоставлением результатов опробования углей при разведке и эксплуатации на некоторых месторождениях Кузнецкого бассейна установлено, что значения  $V_r$  и  $y$ , определенные по керновым пробам, в большинстве случаев занижены по сравнению с данными опробования по горно-эксплуатационным выработкам.

Максимального значения это занижение достигает в сложных по петрографическому составу углях балахонской серии. При неполном выходе керна по углям этой серии в нем сохраняются преимущественно вязкие полуматовые и матовые разновидности угля, а хрупкие блестящие разности витренизированного угля выкрашиваются, и тем сильнее, чем больше мощность прослоев этих разновидностей в пласте угля.

Для относительно однородных по петрографическому составу углей ерунаковской свиты ошибки в значениях рассматриваемых показателей значительно меньше, а в ряде случаев данные, полученные по керновым пробам, близки или совпадают с результатами опробования из горных выработок.

Наибольшая величина ошибок в определениях выхода летучих веществ и толщины пластического слоя наблюдается для углей марок Ж и частично К, для которых характерны повышенная хрупкость, дробимость и наибольшее развитие эндокливажа.

В. И. Скок показал, что для петрографически однородных ерунаковских углей значения выхода летучих веществ и толщины пластического слоя, опре-

деленные по керну, могут считаться достоверными, и только для углей марки Ж следует вводить поправку (в сторону увеличения) на 1—4% по выходу летучих веществ и 2—5 мм в толщине пластического слоя. Для петрографически неоднородных балахонских углей на более высоких стадиях метаморфизма, чем угли марки Ж, он рекомендует производить оценку величины  $y$  по максимальному значению этого показателя из полученных по керновым пробам, исключая остальные как непредставительные. Определение  $V^r$  и  $y$  балахонских углей марки Ж и углей со сложным характером пластометрической кривой должно производиться на представительных пробах из горноразведочных выработок или из специальных опробовательских скважин.

Влияние сложности петрографического состава угольных пластов на выход летучих веществ и толщину пластического слоя отмечается и для других бассейнов (Карагандинский, Тунгусский). В Донецком бассейне угли среднего карбона сравнительно однородны по петрографическому составу, поэтому значения  $V^r$  и  $y$ , определенные на представительных пробах по керну из разведочных скважин, в основном близки или совпадают с данными опробования из эксплуатационных выработок. При учете зольности проб керновое опробование дает здесь удовлетворительные результаты для характеристики качества угля по этим показателям.

Учитывая, что керн разведочных скважин является основным, а в ряде случаев единственным материалом для оценки качества разведанных углей, полнота его извлечения должна достигаться всеми имеющимися техническими средствами.

Представительность керна в каждом пластопересечении для изучения качества угля оценивается по его выходу и сохранности структуры, а также с учетом степени сложности строения угольного пласта и однородности вещественного состава угля. Наиболее распространенным является линейный способ определения выхода керна, но удовлетворительные результаты в этом случае получаются при хорошей сохранности структуры пласта (подъем керна столбиками). При извлечении раздробленного керна используются весовой и объемный способы определения его выхода, но на точности данных отражаются погрешности в установлении диаметра керна, особенно при наличии слоев с различной склонностью к выкрашиванию и вымыванию в процессе бурения. Для углей низкой степени углефикации следует учитывать возможные искажения массы угля за счет его повышенной гидрофобности.

Во всех случаях при оценке представительности керновых проб по выходу керна должны учитываться данные о мощности и структуре угольного пласта по материалам геофизических исследований — каротажу и прострелам (ГБС).

Во многих районах для изучения качества угля все большее развитие приобретает грунтоносное опробование, проводимое параллельно с геофизическими исследованиями скважин. Масса образцов, отобранных ГБС, составляет 2—4 г и они исследуются дифференцированно в случаях, когда необходимо установить вещественный состав и определить зольность углей и углистых пород отдельных слоев в разрезе пласта. Для получения массы пробы, необходимой для осуществления более полного комплекса испытаний, отобранные образцы объединяются в пробы по слоям (при неоднородном строении пласта) или в целом по пласту (при однородном строении). Группировка образцов производится в соответствии с принятым по буровым данным и каротажным диаграммам разрезом пласта.

Грунтоносное опробование может быть приравнено к точечной борозде и использоваться для пластово-дифференциального и пластово-промышленного

изучения основных показателей качества углей. При качественном проведении результаты грунтоносного опробования дают достаточно надежные результаты, во многих случаях более достоверные, чем опробование по керну, особенно при плохой сохранности структуры и низком выходе последнего.

Прогрессивным направлением является определение ряда показателей качества угля обработкой данных геофизических исследований в скважинах.

**Обработка проб** включает в себя: измельчение, контрольное просеивание, перемешивание и сокращение до получения материала необходимой массы первичных, промежуточных, лабораторных и аналитических проб. Порядок получения указанных видов проб регламентируется ГОСТ 10742—71.

Ориентировочные значения надежных масс проб угля при различной степени механического дробления с содержанием не более 15% зерен более крупного класса и с учетом равномерности в распределении зольности в зернах угля крупностью —3 мм приведены в табл. 25.

Таблица 25  
Величины надежных масс проб  
(по В. Р. Клеру, 1975 г)

Характер распределения зоолобразующих компонентов в пробах			Масса проб, кг					
			большевесных				лабораторных	
Тип распределения	Размах колебаний зольности в зернах пробы, % (абсолют.)	Дисперсия зольности в зернах	— 25 мм	— 13 мм	— 10 мм	— 6 мм	— 3 мм	— 1 мм
Весьма равномерное	До 15	До 25	3	0,6	0,3	0,1	0,02	0,001
Равномерное	15—25	25—65	8	1,5	1,0	0,3	0,04	0,002
Относительно равномерное	25—30	65—100	12	2,4	1,4	0,4	0,06	0,003
Относительно неравномерное	30—45	100—225	28	5,0	3,0	1,0	0,15	0,005
Неравномерное	45—60	225—400	50	10,0	6,0	1,6	0,25	0,008
Весьма неравномерное	Более 60	Более 400	80	15,0	9,0	2,5	0,40	0,015

Минимальная масса аналитической пробы должна обеспечивать выполнение основных анализов в двух параллельных навесках, возможность (при необходимости) повторных определений, сохранение дубликатов аналитических порошков. В среднем масса аналитической пробы должна не менее чем в 10 раз превышать массу навески, необходимой для производства анализа (табл. 26), т. е. примерно равен 50—150 г в зависимости от выполняемого комплекса исследований.

Следует отметить необходимость соблюдения особых условий отбора и обработки проб, предназначенных для определения естественной влажности (максимальной влагоемкости) углей. Обработка первичных проб производится в срок не более 2 ч после их отбора в неоттапливаемом помещении с защитой от воздействия солнца и теплоизлучающих источников. При невозможности осуществления обработки первичных проб в указанный срок они подлежат герметизации. Масса проб должна быть не менее 2 кг, измельчение для антрацитов, каменных и бурых углей группы БЗ производится до —3 мм, для бурых

Таблица 26

Масса аналитических проб и крупность материала, необходимые для лабораторных исследований основных показателей качества угля

Показатели	ГОСТ	Крупность материала, мм	Масса пробы, г	
			для одного испытания	с учетом параллельных определений
Петрографический состав	9414—60, 12112—66	1,5	50	50
Петрографические определения	2160—62	—0,2	10	20
Отражательная способность	12113—66	10—20	5—10	—
Зольность	11022—75	—0,2	2	10
	11055—67	—0,2	50	150
Влажность	11014—70	0—3	10	10
	8858—71	0—3	50	150
Максимальная влагоемкость	8719—70	—0,2	2	10
Влага гигроскопическая	6382—75, 7303—67			
Выход летучих веществ весовой (объемный)	(12270—66)	0,2	1	3
	147—64	0,2	1	5
Теплота сгорания	2408—49, 6389—71	—0,2	1,5	5
Элементарный состав	9517—69	0,2	1	5
Выход гуминовых кислот	8606—68	—0,2	1	3
	2059—75	—0,2	0,5	1,5
Содержание серы	8606—72	—0,2	2	6
Содержание серы по разновидности	1932—67	—0,2	1	5
Содержание фосфора	10175—75	—0,2	2	10
Содержание германия	1186—69	1,5	100	300
Пластометрические показатели	9318—59	—0,2	1	5
Индекс Рога	2013—49	3	50	150
Спекаемость по Тайцу	14056—68	—0,2	2	6
Дилатометрические показатели	3168—66	1	50	150
Полукоксование	10969—64	1	10	30
Выход бензольного экстракта (битума)	2160—75	0,2	1	5
Плотность	10538—63, 11584—65, 13452—68			
Содержание химических элементов в золе	2057—74	0,2	80	280
		0,2	20	60
Плавкость золы				

групп Б1, Б2 — до —13 мм. Лабораторные пробы герметизируются и взвешиваются с тарой с точностью до 1 г; масса проб записывается в ее паспорт. Перед производством анализов проверяется сохранность.

Необходимо также учитывать, что при долгих сроках хранения и транспортировки проб угли подвергаются частичному окислению, что может привести к искажению величин ряда других показателей качества угля, в частности — выхода летучих веществ, пластометрических показателей. Поэтому соблюдение сроков хранения и пересылки проб является важнейшим условием достоверности результатов проводимого опробования.

**Контроль опробования.** Достоверность опробования контролируется путем систематической проверки соблюдения технических условий отбора проб, их обработки, производства анализов и достоверности результатов индивидуальных анализов. Несоблюдение сечения борозд, непредставительность керновых проб из-за низкого выхода керна, его загрязнения, неправильной привязки

извлеченного материала к структурной колонке угольного пласта, несоответствие метода опробования геологическим особенностям месторождения, а также нарушения правил хранения, обработки пробы и технических условий производства анализов могут приводить к случайным и систематическим погрешностям в результатах опробования.

Для выявления величин погрешностей, их знака и влияния на достоверность результатов изучения качества угля проводится сопоставление полученных данных с определениями, полученными на наиболее представительном материале (по данным повторных перебурок, горным выработкам и т. п.), и математическая обработка результатов анализов. В процессе разведки должен осуществляться систематический внутренний и внешний геологический и лабораторный контроль анализов.

Внутренний контроль имеет целью своевременное выявление и устранение недопустимых случайных погрешностей и оценку точности (воспроизводимости) анализов. Он осуществляется путем повторного анализа в лаборатории, производящей основные исследования некоторого количества дубликатов проб. При геологическом контроле производится зашифрование дубликатов. Внешний контроль производится путем повторного анализа проб в другой (контрольной) лаборатории и имеет целью установить наличие систематических погрешностей в работе основной лаборатории. При выявлении систематических погрешностей, превышающих допустимые пределы, производится арбитражный контроль анализов в третьей наиболее квалифицированной лаборатории.

Контроль может быть сплошным и выборочным. Сплошной (100%-ный) контроль применяется в процессе освоения новых методов и при выполнении особо ответственных анализов трудно воспроизводимыми методами, а также в том случае, когда выборочный внутрилабораторный контроль показывает неудовлетворительную работу лаборатории и невоспроизводимость результатов анализов. Выборочный контроль должен обеспечить выдачу лабораторией данных, укладывающихся в установленные допуски точности соответствующих определений, установление средних величин случайных (при внутреннем контроле) и систематических (при внешнем контроле) погрешностей.

Отбор проб для внутреннего контроля осуществляется одновременно с отбором их для основных анализов, для внешнего контроля — после проведения основных анализов. Объем выборки определяется назначением контроля, ответственностью производимых анализов, воспроизводимостью определений и освоенностью методов исследования.

Большевесные пробы для проведения технологических исследований (обогащаемости, коксующести и др.) отбираются валовым способом в горных выработках или в специальных скважинах большого диаметра, кустах опробовательских скважин, а также путем использования расширителей стволов скважин или искусственного их искривления в интервалах залегания исследуемого угольного пласта. Минимальная масса проб для определения в лабораторных условиях обогащаемости (ГОСТ 10100—62, 4790—58), коксующести (ГОСТ 9521—65), термической стойкости (ГОСТ 9183—59, 7714—75), размолоспособности (ГОСТ 15490—70) углей, шлакуемости золы (ГОСТ 9271—59) колеблется от 1—3 до 25 кг на единичное определение. Для производства ситового анализа (ГОСТ 2093—59) с последующим фракционным анализом и определением обогащаемости необходимая масса пробы колеблется от 450 до 5400 кг в зависимости от кусковатости угля и его зольности, для опытного ящичного коксования в полупромышленных условиях она составляет не менее 200 кг.

Представительность технологических проб оценивается проверкой соблюдения правил их отбора, обработки, условий хранения и пересылки, а также соответствием мощности и строения изучаемого пласта и основных показателей качества угля в отобранном материале усредненным для оцениваемой площади характеристикам.

## § 26. ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА УГЛЯ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ РАЗВЕДКИ

**Виды исследования проб.** Пробы углей подвергаются петрографическим, химическим и технологическим видам исследования. При разведках одна и та же проба часто служит материалом для всех указанных видов исследования.

**Петрографические исследования** заключаются в макроскопическом и микроскопическом изучении вещественного состава и физических свойств угля и слагающих его петрографических компонентов, а также химического состава и свойств отдельных литотипов и микрокомпонентов.

При макроскопических петрографических исследованиях описываются строение и сложение угольного пласта, основные петрографические ингредиенты (литотипы), изучаются их физические свойства — цвет, блеск, излом, твердость, хрупкость и характер трещиноватости с определением частоты эндогенных трещин. Данные макроскопического изучения уже в начальной стадии разведок позволяют судить о марочном составе углей и их основных свойствах, способствуют правильной корреляции вскрытых различными выработками угольных пластов. В дальнейшем они играют существенную роль и для характеристики инженерно-геологических условий отработки угольных пластов.

Микроскопическое изучение производится путем просмотра изготовленных из кусочков угля прозрачных шлифов (в проходящем простом и поляризованном свете), а также полированных аншлифов (в отраженном свете). Материал для исследований отбирается из различных литотипов, слагающих пласт. Эти исследования дают более точные данные о степени метаморфизма углей, их природе и условиях углеобразования. Однако такое изучение дает материал о вещественном составе лишь отдельных прослоек угольного пласта, что исключает возможность полноценного использования петрографических исследований для промышленных целей.

Количественные методы определения петрографических особенностей угля производятся в аншлифах-брикетах из мелких зерен угля, представляющих среднепластовую пробу. Это позволяет определять средние для пласта содержания микрокомпонентов и увязывать петрографические особенности вещественного состава изучаемых пластов с обогатимостью и технологическими свойствами углей. Для этой цели из проб, отобранных бороздой в горной выработке или полученных в виде керна, после дробления и сокращения ее до 2 кг с крупностью зерен менее 3 мм изготавливается брикет диаметром 1,5 и высотой 0,4—0,6 см, который шлифуется и полируется.

Содержание петрографических компонентов в угле определяется путем их подсчета на полированной поверхности аншлиф-брикетов с помощью пушинтегратора с линейным перемещением аншлиф-брикета перед объективом микроскопа вручную.

Результаты подсчета заносятся в таблицу, где приводятся данные общего и чистого (в котором минеральные примеси неразличимы) состава угля, а также общий состав угля с минеральными примесями по основным группам микро-

компонентов (Vt, Sv, F и L). Содержание последних (A) в пересчете на общий состав угля определяется по формуле

$$A = a_{\text{ч}} \frac{100 - M1}{100},$$

где  $a_{\text{ч}}$  — содержание отдельной группы микрокомпонентов в чистом угле; M1 — содержание минеральных примесей.

Для изучения химического состава угля, установления его марочной принадлежности и технологических свойств производятся технический и элементарный анализы, сухая перегонка угля, определения пластометрических показателей, разновидностей серы, содержания гуминовых кислот, углекислоты карбонатов, состава и плавкости золы и другие необходимые определения. Лабораторное изучение качества углей осуществляется в соответствии с ГОСТ, приведенными в табл. 46.

Специальные технологические исследования углей проводятся для изучения спекающих и коксующих свойств, обогатимости, брикетуемости, пригодности их для полукоксования, гидрогенизации, газификации и других направлений промышленного использования.

Угольные месторождения разведываются относительно редкой сетью выработок, и фактические данные как о мощности и строении угольных пластов, так и о качестве угля, полученные в единичных выработках, распространяются на значительные площади. В этих условиях для получения представительных данных об основных показателях качества угля и закономерностях пространственного их изменения (зольности для каменных углей, выхода летучих веществ и спекаемости) недопустимо какое-либо разрежение сети опробования против разведочной сети. Следует учитывать, что при одновременной проходке нескольких скважин невозможно определить заранее, в какой из них будет обеспечена представительность проб. Кроме того, на стадиях поисковой и предварительной разведки синонимика пластов не всегда решается определенно. Поэтому, как правило, отбор проб производится из всех разведочных выработок, вскрывших угольные пласты. Сокращение объема работ может идти лишь по линии выбора рационального направления исследований с тем, чтобы избежать неоправданно большого количества определений отдельных показателей качества угля.

**Направление исследований качества углей** определяется возможным их использованием в промышленности, а количество анализов на тот или другой показатель качества — степенью изменчивости этого показателя и его значением для промышленной характеристики угля.

На поисковой стадии разведки, когда создаются первые представления о промышленной ценности месторождения, изучение качества угля является одним из основных вопросов. Все пересечения угольных пластов разведочными выработками должны быть опробованы независимо от их мощности, так как определение мощности пласта как нерабочей в одиночных выработках при очень редкой их сети может оказаться случайным и нехарактерным.

Петрографическими макроскопическими и микроскопическими исследованиями изучаются вещественный состав углей, их физические свойства, стадия метаморфизма; для каменных углей дается прогноз спекаемости. Производятся технический и элементарный анализы углей, спектральный (на содержание редких элементов) и силикатный анализы золы, определяются плавкость золы, выход первичных смол и для каменных углей — пластометрические показатели.

В связи с очень редкой сетью разведочных выработок и условностью параллелизации пластов по результатам опробования на поисковой стадии работ можно установить лишь стадию метаморфизма вскрытых углей, марку промышленной классификации и дать самую общую характеристику основных показателей качества. Однако эти данные уже позволяют предварительно определить возможное направление использования углей в промышленности и сравнительную ценность их по отношению к известным разрабатываемым или разведанным месторождениям (участкам).

На стадии предварительной разведки задачей опробования является установление основных показателей качества угля по конкретным пластам и выявление общих закономерностей изменения качества угля на разведанной площади.

Определения основных показателей производятся также во всех пересечениях пластов. Однако полученные по результатам опробования на поисковой стадии данные о степени метаморфизма углей позволяют более целесообразно решать вопрос о характере и объемах исследований качества углей с учетом возможного направления их промышленного использования. Естественно, что для бурых углей и антрацитов нет необходимости в определении пластометрических показателей. Для каменных углей повышенной степени метаморфизма (марки К, ОС и Т) и антрацитов может быть сокращен объем определений влажности углей; излишним для них является определение выхода продуктов полукоксования. Петрографический состав, зольность, содержание серы, выход летучих веществ на стадии предварительной разведки определяются во всех пересечениях рабочих пластов независимо от марочного состава углей. Для спекающихся каменных углей во всех пластопересечениях определяются также пластометрические показатели и содержание фосфора.

Влажность, элементарный состав, теплота сгорания, выход продуктов полукоксования (для углей марок Б, Д, Г и Ж), состав золы (спектральным и силикатным анализами), ее плавкость, объемный выход летучих веществ для антрацитов, склонность углей к самовозгоранию должны определяться в таком объеме, чтобы количество анализов и распределение точек опробования обеспечили характеристику углей каждого пласта по этим показателям и выявление общих закономерностей изменения их величин на разведанной площади.

При разведке площадей, расположенных на территории разрабатываемых бассейнов и месторождений, для которых эти показатели (для соответствующих марок углей) детально изучены по данным эксплуатации, определение их производится в сокращенном объеме.

Технические анализы по пластам нерабочей мощности следует производить в ограниченном количестве для общей характеристики качества углей этих пластов. При наличии горно-разведочных выработок должны быть проведены исследования по ориентировочному установлению для спекающихся углей глубины зоны окисления, а для энергетических — дополнительно глубины зоны выветрелого угля.

На стадии детальной разведки должна быть получена исчерпывающая характеристика качества углей по каждому рабочему пласту, установлены средние величины показателей качества, пределы колебания этих величин и закономерности их изменения. Пробы также отбирают во всех пересечениях пластов разведочными выработками, но характер исследований тесно увязывается с определенными выработками по предшествующему опробованию направлением промышленного использования углей и степенью изменчивости основных показателей.

Определения зольности, содержания серы (в повышено сернистых углях), а для спекающихся углей — выход летучих веществ и пластометрические показатели должны производиться во всем пробам.

Для многосернистых углей определяется содержание разновидностей серы — колчеданной, органической и сульфатной, а также фосфора при повышенном содержании его в спекающихся углях.

Петрографический состав, влажность, выход летучих веществ в бурых, длиннопламенных, слабометаморфизованных газовых, тощих углях и в антрацитах, содержание серы в малосернистых (до 1%) углях, теплота сгорания горючей массы, выход и состав продуктов полукоксования, состав золы и содержание в ней редких элементов, склонность углей к самовозгоранию изучают лишь для пополнения и уточнения данных предыдущих исследований.

Должны быть с достаточной степенью точности установлены нижние границы зоны окисления и глубины залегания непригодных для промышленного использования углей.

Результаты лабораторных исследований физико-механических свойств и химического состава углей, состава и плавкости золы позволяют достаточно надежно судить о теплотехнических свойствах углей без производства специальных технологических исследований. Дополнительными показателями, которые должны быть охарактеризованы на основе обобщения материалов по разрабатываемым месторождениям с аналогичным качеством угля или путем специальных исследований, являются кусковатость, прочность, термическая стойкость углей, склонность к выветриванию и самовозгораемости, для предназначенных к пылеугольному сжиганию — размолосопособность, для рыхлых разновидностей углей — брикетированность, для многозольных углей — обогатимость.

Пригодность углей для коксования должна быть, как правило, подтверждена соответствующим опытом промышленного их использования или специальными технологическими исследованиями обогатимости и коксующихся свойств в полупромышленных или промышленных условиях.

Коксуемость и обогатимость углей новых площадей и участков разрабатываемых месторождений могут быть охарактеризованы привлечением метода аналогии. Обработка результатов опробования углей в горно-эксплуатационных выработках, учет данных о качестве товарного угля, о работе обогатительных фабрик, направлении промышленного использования углей конкретных пластов и степени их участия в коксовой шихте, сопровождаемые в необходимых случаях дополнительными технологическими исследованиями крупных проб, отобранных в выработках действующих предприятий, позволяют получить полную и исчерпывающую характеристику качества разрабатываемых углей. Полученные данные и выявленные закономерности изменения качества углей на разрабатываемых площадях могут быть перенесены на смежные, освещенные только разведочными работами участки при условии подтверждения возможности аналогии качества углей на этих участках соответствующим сопоставлением данных петрографического, химического и лабораторно-технологического изучения.

Коксующие свойства и обогатимость многозольных углей неразрабатываемых месторождений должны определяться исследованиями крупных проб, отобранных в процессе разведки из специальных опробовательских горно-разведочных и буровых выработок. Эти исследования проводятся по основным рабочим пластам месторождения обычно на стадии детальной разведки. Однако необходимость в них может возникнуть на стадии поисковых работ, проводившихся со специальным назначением выявления участков с коксующимися

углями, и на стадии предварительной разведки, когда какие-либо особенности качества угля (например, петрографический состав, высокая зольность и повышенная сернистость) затрудняют решение вопроса о целесообразности продолжения дальнейших разведочных работ.

Следует использовать петрографические методы определения обогатимости (ГОСТ 18384—73) и коксумости (И. И. Аммосов, И. В. Еремин).

Пригодность углей для других направлений технологического использования (полукоксование, газификация, экстрагирование битумов и др.) может решаться на основании лабораторных исследований. Более детальные исследования состава смол, газа, выхода битума и его группового состава и т. п. проводятся на участках, угли которых предназначены для использования в соответствующем направлении.

В результате разведочных работ должна быть дана комплексная оценка месторождений не только по углям, но и по всем попутным полезным ископаемым, как связанным с углями (редкие и рассеянные элементы), так и залегающим во вмещающих и перекрывающих угли породах (железные руды, бокситы, фосфориты, огнеупорные глины, формовочные и стекольные пески, местные строительные материалы и т. д.).

Необходимо изучать химический состав, гидравлическую активность золы и другие показатели, определяющие возможность использования ее при производстве цемента и других строительных материалов. В золах углей может накапливаться окись алюминия, представляющая практический интерес при содержании ее более 30% и соответствующем кремниевом модуле.

Критерии для оценки промышленного значения и указания по опробованию попутных полезных ископаемых 1-й и 2-й групп (см. § 19) содержатся в инструкциях ГКЗ СССР по применению классификации запасов месторождений твердых полезных ископаемых к различным видам минерального сырья.

Опробование на редкие и рассеянные элементы проводится одновременно с опробованием на основные компоненты. Для этой цели могут использоваться рядовые пробы (или их дубликаты), групповые или объединенные пробы, составленные из рядовых проб, мономинеральные пробы, лабораторные концентраты отдельных минералов и концентраты технологических проб.

Обязательно опробование углей на германий и галлий. Германий в коксующихся и энергетических углях подсчитывается по кондициям, установленным для отдельных бассейнов и месторождений. Практический интерес представляют содержания в энергетических углях  $>10$  г/т (воздушно-сухая масса) или  $>50$  г/т золы; в коксующихся  $>3$  г/т (сухая масса); в углистых породах свыше 100 г/т. Галлий, обычно извлекаемый совместно с германием, представляет практический интерес при содержаниях его в сухом угле не менее 10 г/т при условии содержания германия более 5 г/т.

В результате опробования должно быть установлено: какие редкие и рассеянные элементы содержатся в угле и во вмещающих угольные пласты породах, их содержание в естественном залегании, продуктах обогащения, золе, степень равномерности распределения редких и рассеянных элементов, наличие или отсутствие корреляционных связей между их содержанием и петрографическим составом, зольностью, выходом летучих веществ и другими показателями химического состава и технологических свойств углей и вмещающих их пород.

## Глава VI

### ИЗУЧЕНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

#### § 27. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

В процессе разведочных работ должны быть выявлены и изучены потенциальные ресурсы поверхностных и подземных вод, которые могут участвовать в обводнении горных выработок или быть использованы как источники водоснабжения, основные водоносные горизонты и наиболее обводненные участки (закарстованные, тектонические зоны, погребенные аллювиальные долины, талики среди многолетней мерзлоты и др.), химический и бактериологический состав поверхностных и подземных вод. На основании проведенных исследований определяются возможные изменения режима подземных и поверхностных вод в районе в процессе эксплуатации месторождения, дается прогноз возможных водопритоков в горные выработки и намечаются мероприятия по ограничению влияния обводненности на горнотехнические условия разработки.

Гидрогеологические исследования проводятся параллельно с общегеологическими на всех стадиях разведки.

Уже в процессе поисковой стадии разведки должна быть получена общая гидрогеологическая характеристика района исследований, которая дается по литературным и фондовым материалам, результатам параллельно проводимой гидрогеологической съемки, по гидрогеологическим наблюдениям в разведочных выработках. На этой стадии отмечаются особые факторы, которые могут влиять на обводненность горных выработок и которые должны изучаться в дальнейшем.

В процессе предварительной разведки уточняются общие гидрогеологические условия месторождения, выделяются и изучаются основные водоносные горизонты, их распространение, литология водовмещающих пород, общая оценка степени и характера обводненности, достаточная для предварительных технических решений вопросов, связанных с вскрытием месторождения и его освоением. Для месторождений со сложными гидрогеологическими условиями объем работ должен быть достаточным для заключения о целесообразности производства детальной разведки.

В результате детальной разведки гидрогеологические условия должны быть изучены с полнотой, достаточной для составления проекта горнодобывающего предприятия. На этой стадии детально изучаются основные водоносные горизонты: площади их распространения, мощность, глубина залегания, гидравлический режим, физические и фильтрационные свойства водосодержащих пород, положение зеркала или пьезометрической поверхности подземных вод относительно местного базиса эрозии и полезного ископаемого, характер водоупорных слоев, связь водоносных горизонтов между собой.

Должны быть изучены имеющиеся вблизи месторождения или на его площади поверхностные водотоки и водоемы, их расходы воды в межень и в паводки, положение их уровней относительно горных выработок, площади, заливаемые

в паводки, выяснена связь поверхностных водотоков и водоемов с подземными водами. Детально изучаются покровные отложения, их водоносность, условия фильтрации воды из этих отложений в горные выработки. При наличии погребенных долин определяются их положение, размеры, характер и водоносность выполняющих эти долины отложений.

Материалы исследований должны обеспечивать решение вопросов о способах проходки шахтных стволов (разрезных траншей), методах осушения месторождения, необходимых мероприятиях по изоляции поверхностных вод и путей удаления воды из горных выработок.

Для условий подземных работ производится расчет водопритоков в ствол шахты при его проходке, в горные выработки, нарезка которых предполагается к моменту сдачи шахты в эксплуатацию (на площади с приведенным радиусом в зависимости от производительности шахты). Для условий открытых работ рекомендуется расчет водопритоков производить на 100 м длины карьера или разрезной траншеи, при этом следует учитывать возможность поступления ливневых вод.

Параллельно производится оценка условий обводненности шахты (карьера) при дальнейшем развитии подготовительных и эксплуатационных работ. Рассчитываются максимально возможные водопритоки в шахту (карьер) при полном развитии горно-эксплуатационных работ; расчет производится с учетом условий обводненности каждого пласта и сопровождается прогнозом возможных повышенных сосредоточенных водопритоков на участках с особо сложными гидрогеологическими условиями. Определяется химический и бактериологический состав поверхностных и подземных вод, агрессивность подземных вод по отношению к бетону и металлическим конструкциям.

При наличии в районе месторождений действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических условиях, для характеристики разведанной площади должны быть использованы данные о степени обводненности этих шахт и карьеров, а также о мероприятиях по их осушению.

Должны быть даны количественная и качественная оценки поверхностных и подземных водных ресурсов района месторождения как возможных источников технического и питьевого водоснабжения, рекомендации по наиболее рациональным участкам водозаборов для последующей их разведки в целях выявления необходимого количества технической и питьевой воды.

Откачиваемые из шахты (карьера) или при предварительном осушении месторождения воды могут обладать повышенной минерализацией или содержать вредные компоненты, что при сбросе их в поверхностные водоемы и водотоки может привести к недопустимому загрязнению окружающей среды. В этом случае необходимо проведение специальных исследований, обеспечивающих разработку и осуществление мероприятий по очистке шахтных (карьерных) и извлекаемых при предварительном осушении месторождения вод или их захоронению. При соответствии качества откачиваемых вод требованиям, предъявляемым к ним как к объектам технического водоснабжения, должна быть дана оценка возможности использования их для этого назначения.

В процессе разработки месторождения могут возникать различные деформации горных пород, являющиеся результатом давления массы вышележащих толщ, а также фильтрационного воздействия подземных вод, устремляющихся в выработанное пространство. В подземных выработках могут иметь место отжим угля, пучение пород в кровле и почве пласта, горные удары, сдвигание горных пород; при открытых разработках — оползни бортов карьера, внешних и внут-

ренних отвалов. Как при подземном, так и при открытом способах разработки могут иметь место прорывы пльвунов и подземных вод в горные выработки.

Характер и степень проявления указанных горно-геологических явлений, сильно осложняющих разработку месторождения, зависят от вещественного состава пород, их строения, условий залегания, физико-механических и водно-физических свойств, применяемых способов и систем разработки.

Для вскрытия и разработки месторождения большое значение имеет прогноз горно-геологических явлений, который определяется инженерно-геологическими данными.

Для этой цели в процессе разведки должна быть получена характеристика физико-механических свойств пород покровных отложений, вмещающих пород и самих углей (крепость, пористость, слоистость, сланцеватость, трещиноватость, квиваж, водопроницаемость и водоотдача, пльвунность, способность к вспучиванию, размокаемость и т. п.). Особое внимание уделяется изучению этих свойств для пород непосредственной кровли и почвы угольных пластов, для которых следует определять некоторые специфические особенности — характер контактов с углем, мощность и состав ложной кровли, возможное развитие пучащей почвы, положение ближайших водоносных горизонтов, которые могут быть источником их увлажнения, и пр.

Должны быть получены данные о наличии или отсутствии в пределах месторождения зоны выветривания, карстов, зон тектонического дробления пород и трещиноватости, а для района в целом — возможность проявления оползней, снежных лавин, селей и других явлений, могущих осложнить разработку месторождения.

Для районов развития многолетней мерзлоты должна быть получена характеристика пород в зоне многолетней мерзлоты, установлены степень их устойчивости при оттаивании в бортах карьеров и в подземных горных выработках; температурный режим пород, положение верхней и нижней границы мерзлотной зоны, дана характеристика таликов.

**Инженерно-геологические** исследования проводятся на всех стадиях разведочных работ. В начальном периоде предварительной стадии разведки производится обследование района месторождения для изучения возможности развития физико-геологических процессов — оползней естественных склонов, селей, снежных лавин. При наличии в районе действующих горных предприятий производится обследование выработок и документация инженерно-геологических условий. Фиксируются и документируются инженерно-геологические явления, установленные при проходке горно-разведочных и буровых выработок — выход керна, его трещиноватость, закарстованность, случаи оплывания и пучения пород. Путем сопоставления разведочных данных с фактическими инженерно-геологическими условиями работы шахт и карьеров могут быть сделаны общие выводы о степени устойчивости пород на площадях, не затронутых эксплуатацией, и определены вопросы, подлежащие изучению при разведке.

Изучение физико-механических свойств пород на стадии предварительной разведки ограничивается литолого-петрографическим описанием основных комплексов пород, отбором и исследованием образцов и монолитов из потенциально неустойчивых разностей.

На стадии детальной разведки производится массовый отбор проб и монолитов горных пород для производства исследований их физико-механических свойств, сопровождаемых детальным изучением литологических, структурных и текстурных особенностей, степени трещиноватости и других геологических характеристик. Отбор проб рекомендуется проводить с равно-



мерным рассредоточением точек отбора по разведываемой площади с задачей выявления пространственных закономерностей в изменении геологических особенностей строения и сложения вскрываемых различных литологических горизонтов и их физико-механических свойств.

Как правило, образцы для исследований физико-механических свойств пород отбираются из обычных разведочных скважин. Бурение специальных инженерно-геологических скважин для этой цели производится на месторождениях, сложенных слабыми несвязанными и глинистыми породами; для отбора проб из таких скважин необходимо применение специализированных режимов бурения и подъема керна.

Необходимость в дополнительных исследованиях может возникнуть в процессе проектирования для пополнения и уточнения инженерно-геологических данных на первоочередных участках вскрытия и разработки месторождения. Для этой цели проводятся контрольные скважины в точках намеченных стволов шахт, рудных дворов, разрезных траншей.

Для сложных по инженерно-геологическим условиям месторождений проводятся специальные исследования, которые продолжаются и в процессе эксплуатации. В состав таких исследований входят: заложение наблюдательных станций на оползневых склонах, организация стационарных наблюдений за селями и снежными лавинами, определение углов сдвига пород, потенциально-склонных к оползням, пробные нагрузки на грунты, проходка опытных горных выработок, контрольных скважин с детализированным изучением инженерно-геологических свойств разреза.

Густота сети отбора проб для изучения физико-механических свойств пород при разведке определяется степенью общей сложности инженерно-геологических условий месторождения, характером изучаемых разностей пород и степенью выдержанности их состава и свойств в разрезе вскрываемых пород.

При этом основное внимание должно уделяться изучению состава, строения, свойств и степени пространственной выдержанности наименее устойчивых компонентов разреза (песков, глинистых пород), с наличием которых обычно связаны осложнения горнотехнических условий при вскрытии и эксплуатации месторождений.

Для участков, намечаемых к отработке подземным способом, первоочередной задачей является прогноз устойчивости пород, вмещающих угольные пласты. Отбор проб для изучения физико-механических свойств рекомендуется производить для пород всячего бока в интервале, равном 10—15-кратной мощности угольного пласта, и не менее 5—6 м от почвы пласта; при наличии напорных подугольных вод мощность интервала инженерно-геологического изучения должна быть увеличена исходя из необходимости оценки экранирующего влияния (или возможности прорыва вод) подстилающих угольный пласт отложений.

При исследованиях изучаются гранулометрический состав пород, фильтрационные свойства, естественная и максимальная влажность, объемная масса, пористость, содержание растворимых составляющих, водоотдача. Для глинистых пород, способных к пучению, определяются минеральный состав, состав обменных катионов, содержание гумусовых частиц, показатели пластичности; для тонкозернистых пород, с которыми связаны прорывы плывунов, — механический состав, содержание коллоидных частиц, гумусовых веществ, минеральный состав глинистых фракций, максимальная влагоемкость, высота капиллярного поднятия.

Для участков, намечаемых к отработке открытым способом, основной задачей инженерно-геологических исследований является получение данных для разработки мероприятий по обеспечению устойчивости бортов карьера, внутренних и внешних отвалов и естественных склонов рельефа.

Для решения этой задачи должна быть получена оценка: условий равновесия естественных склонов в связи с их подработкой и снижением степени устойчивости при дополнительной нагрузке отвальными породами или же под воздействием динамических нагрузок; возможности проявления суффозионных процессов в песчаных породах, вскрываемых бортами карьеров; вероятности внезапного разжижения водоносных песков; условий возникновения гидродинамического давления в бортах карьера при его углублении или же при приближении фронта горных работ к поверхностным водотокам; вероятности выдавливания глинистых пород в основании уступов при переходе пород в пластичное состояние; изменений во времени физико-механических свойств гидрофильных пород под воздействием атмосферных агентов, главным образом по нерабочему борту; углов падения и ориентировки плоскостей напластования относительно фронта продвигания разработок; углов падения подугольных пород в связи с необходимостью решения вопроса о рациональном размещении внутренних отвалов и предотвращения их оползания.

На устойчивость бортов и величины углов их наклона оказывают влияние прочность пород, характер и степень их трещиноватости, элементы залегания крупных поверхностей ослабления и характер сопротивления пород сдвигу по этим поверхностям, напорные воды, сохраняющиеся в бортах после вскрытия месторождения.

Для месторождений, в сложении которых преобладают породы средней крепости ( $\sigma_{сж}$  80—800 кгс/см<sup>2</sup>), углы наклона бортов карьера принимаются в 38—45° в зависимости от ориентации поверхностей ослабления и в 35° при наличии в верхних частях бортов карьера выветрелых пород. Для месторождений, характеризующихся преобладанием во вскрыше слабых глинистых и несвязных пород ( $\sigma_{сж} < 80$  кгс/см<sup>2</sup>), углы наклона бортов карьера принимаются в 25—30° при отсутствии пластичных глин и в 15—25° при их наличии.

Граница района изучения физико-механических свойств пород и других инженерно-геологических факторов распространяется за контур площади подсчета запасов углей, принятых для открытой разработки на расстояние  $L$ , определяемое по формуле

$$L = H \cdot \operatorname{ctg} \alpha + a,$$

где  $H$  — намечаемая глубина карьера;

$\alpha$  — ориентировочная величина углов наклона борта карьера с учетом литологического состава пород вскрыши и их залегания;

$a$  — ширина призмы возможного обрушения борта (рис. 55), принимаемая в пределах: 0,1—0,2  $H$  — при наклонном несогласном залегании пород (висячий бок); 0,2—0,3  $H$  — при наклонном согласном залегании (лежащий бок); 0,3—0,4  $H$  — при горизонтальном залегании.

При горизонтальном залегании слабых пород скважины, по которым намечен отбор образцов, проходятся на глубину, превышающую на 10—15% глубину залегания почвы нижнего пласта, намеченного к отработке открытым способом, за исключением случаев, когда в почве такого пласта залегают заведомо более прочные породы, чем породы вскрыши; при наклонном залегании пород скважины должны пересекать в лежащем боку толщу пород в пределах призмы возможного обрушения. Скважины с отбором образцов приурочиваются

к разведочным профилям; при горизонтальном залегании пород в случае отсутствия разведочных выработок проходятся специальные скважины в направлении наибольшего уклона рельефа дневной поверхности. При расчлененном рельефе одна из специальных скважин закладывается в пониженном участке (в пойме долины), одна — на склоне и одна-две — на водоразделе. При документации керна следует описывать частоту проявления трещин, количество систем трещиноватости, интенсивность их развития, характер поверхностей плоскостей ослабления (слоистости, сланцеватости, контактов пород, разрывных нарушений) и заполняющего их материала. В естественных и искусственных обнажениях документируются формы и размеры слагающих массив блоков, интенсивность трещиноватости, взаимное расположение трещин, описание поверхностей ослабления (ровные или волнистые, гладкие или шероховатые) и заполняющего их материала.

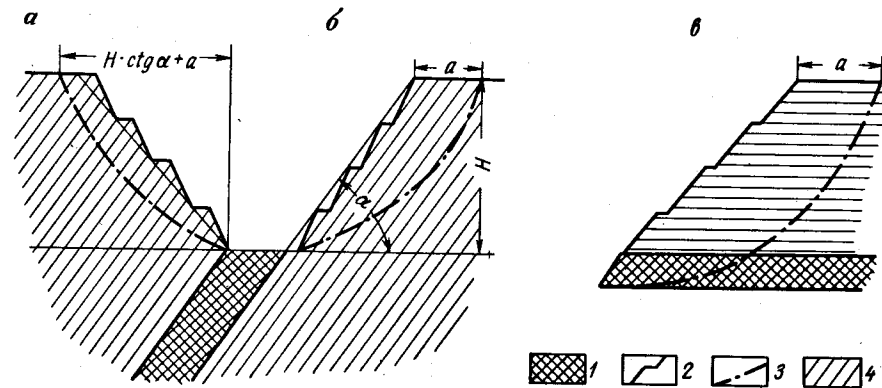


Рис. 55. Призмы возможного обрушения пород в бортах карьера при залегании угольного пласта:  
 а — наклонном несогласном; б — наклонном согласном; в — горизонтальном. 1 — угольный пласт; 2 — борт карьера; 3 — граница призмы возможного обрушения; 4 — поверхности ослабления

При характеристике пород вскрыши особое внимание следует уделять наличию слоев пород с резко отличными физико-механическими свойствами (твердость, гранулометрический состав и т. п.), степени пространственной выдержанности этих слоев на разведываемой площади. Непременным условием изучения месторождения, предназначенного для открытой разработки, является детальное картирование выходов пластов под покровные отложения, зон размывов угольных пластов, выветривания углей, развития горельников. Такая детализация проводится обычно после решения вопросов о сроках промышленного освоения месторождения в тесной увязке с основными проектными решениями по вскрытию месторождения.

Для условий открытых работ существенное значение приобретает вопрос о возможности полного или частичного осушения вскрываемых карьером надпродуктивных и продуктивных отложений. Поэтому особое внимание должно уделяться изучению пород, обладающих слабой водоотдачей и водопроницаемостью, которые в условиях неосушенного разреза будут являться потенциальными очагами оползнеобразования. Помимо изучения вмещающих пород, большое значение имеют физико-механические свойства углей, необходимость исследования которых при разведке определяется широким развитием механизации

процессов добычи и внедрением гидравлического способа разработки. В связи с этим в процессе разведки должны тщательно изучаться степень трещиноватости углей, характер квиважа, твердость, вязкость, пределы прочности при одноосном сжатии и другие их физико-механические свойства.

Методике изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений, рекомендациям по направлению и объему исследований при различных горно-геологических их особенностях посвящена обширная специализированная литература. В качестве одного из таких методических руководств может быть рекомендована работа В. А. Бабушкина, Д. И. Пересунько, С. П. Прохорова и Г. Г. Скворцова (1969 г.), содержащая подробный указатель опубликованной литературы.

## § 28. ГАЗОНОСНОСТЬ И ПРОЧИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Одной из основных задач разведочных работ на уголь является изучение **природной газоносности** месторождения (участка) с целью получения данных для проектирования вентиляции шахт и осуществления предварительной дегазации горных выработок. В результате проведения соответствующих исследований должна быть получена характеристика природной газоносности месторождения (участка) — установлено влияние основных геологических факторов на ход процессов естественной дегазации (см. § 6), определены границы газовых зон, при наличии метановой зоны — гипсометрическое положение ее поверхности и пространственные закономерности количественного изменения метаносности угольных пластов по простиранию и на глубину.

Для установления характера газовой зональности по площади месторождения в вертикальном разрезе, глубины появления метана и гипсометрического положения поверхности метановой зоны применяется метод изучения качественного состава газа. Он заключается в том, что из угольного керна, поднятого при бурении разведочных скважин, отбирается проба и помещается в герметически закрываемый сосуд. По результатам исследования состава газа устанавливается газовая зона, в которой находится точка отбора пробы.

Граница зоны газового выветривания, согласно Г. Д. Лидину (1959), определяется по содержанию метана в угольном керне (с пересчетом его на горючую массу): 6 мл/г для антрацитов, 3—4 мл/г для тощих углей, 2,5—3,5 мл/г для отощенных спекающихся, 2—2,5 мл/г для коксовых и жирных и 1,5—2 мл/г для газовых углей.

Для определения количественных показателей газоносности в пределах метановой зоны при разведке используются следующие методы:

1) прямого определения газоносности — путем герметизации керна на забое скважины или улавливания газа при бурении и подъеме бурового снаряда специальными приборами (керногазонаборниками);

2) комплексный метод МГРИ, включающий определение содержания газа в выходящей из скважины промывной жидкости путем проведения непрерывного газового каротажа и периодического исследования полного содержания в ней газа; измерение количества остаточного газа в керне и шлеме угля, поднятых из исследуемого пласта. Опробование на газоносность на всех стадиях разведки проводится по скважинам, предназначенным для разведочных целей.

Проектированию и осуществлению исследований газоносности месторождений, в пределах которых производятся эксплуатационные работы, должен предшествовать сбор и анализ данных о газовом режиме шахт, фактической газообильности горных выработок, ее изменениях во времени и в пространстве

на вскрытой и отработанной частях месторождения, сведений о первом появлении метана, наличии суффлярных выделений, их местоположении, интенсивности и продолжительности и др. При обработке собранных материалов необходимо проанализировать возможные причинные связи особенностей газового режима шахт с геологическими условиями участков разработки (структурными элементами, литологическим составом угленосной толщи, мощностью покровных отложений, морфологией пластов, петрографическим составом и степенью метаморфизма углей, глубиной залегания, гидрогеологическими условиями и т. п.).

На стадии поисковых работ специальных исследований по изучению газоносности обычно не предусматривается. На новых месторождениях в единичных скважинах целесообразно провести изучение качественного состава газа, что позволит ориентировочно определить природную газоносность месторождения и получить общие данные о газовой зональности. В основном на этой стадии производится изучение литературных данных и сбор сведений о газоносности района.

На стадии предварительной разведки должны быть получены вполне определенные материалы о природной газоносности месторождения и основных чертах ее проявления. На месторождениях (участках) с небольшой глубиной зоны газового выветривания должно быть выявлено влияние основных геологических факторов на характер газоносности, получены данные о глубинах первого появления метана и положении поверхности метановой зоны.

При отсутствии материалов, позволяющих использовать для этой цели метод аналогии, вначале по нескольким разведочным скважинам изучается качественный состав газов. При обнаружении метаноносности отбор проб для изучения качественного состава газа производится в разведочных скважинах, проходимых на основных профилях; при этом скважины, выбранные для опробования, должны обеспечить получение достаточно определенных данных о положении поверхности метановой зоны. Прямое определение газоносности угольных пластов в метановой зоне для общей ее количественной оценки производится в единичных точках. Для определения газоносности всего разреза пород в одной-двух наиболее глубоких скважинах целесообразно провести исследования комплексным методом МГРИ.

На стадии детальной разведки перед газовым опробованием ставятся следующие задачи:

а) уточнение влияния геологических факторов на распределение газа в угольных пластах и вмещающих породах;

б) уточнение гипсометрического положения поверхности метановой зоны и получение количественных значений природной газоносности по угольным пластам;

в) установление закономерностей в изменении природной газоносности угольных пластов по падению и простиранию и установление градиента нарастания ее с глубиной.

Основными на этой стадии являются методы изучения качественного состава газа и прямого определения газоносности рабочих угольных пластов в метановой зоне керногазонаборниками. Для выявления в стратиграфическом разрезе пород интервалов с повышенными коллекторскими свойствами, опробования зон разрывных нарушений и получения данных о метаноносности нерабочих угольных пластов дополнительно используется комплексный метод МГРИ.

Точки опробования, по которым изучается качественный состав газов, распределяются по площади месторождения (участка) с задачей, определить гипсометрическое положение поверхности метановой зоны с точностью  $\pm 25$  м.

Выбор точек и объем опробования по прямому определению газоносности пластов в метановой зоне обуславливаются в основном особенностями тектоники месторождения (участка) и характером угленасыщенности. В случаях, когда вскрытие и отработка запасов шахтного поля предусматриваются несколькими эксплуатационными блоками, необходимо получение данных о газоносности для каждого блока.

В условиях простого моноклиального залегания опробование рекомендуется проводить по скважинам, размещенным на разведочных линиях, проходящих через центральные части намеченных эксплуатационных блоков. Точки опробования размещаются так, чтобы получить данные о газоносности по каждому рабочему пласту, а при высокой угленасыщенности — по основному в каждой группе близких пластов через интервалы глубин (гипсометрических отметок) 50—100 м. Основные линии, по которым производится опробование газоносности, целесообразно совмещать с опорными профилями. На остальной площади по единичным замерам уточняются закономерности пространственного изменения газоносности основных пластов.

Изучение газоносности при простых складчатых структурах рекомендуется проводить аналогичным путем с дополнительным исследованием влияния тектоники на характер газораспределения. Для симметричных структур при детальной изученности одного из крыльев складки на другом крыле допустимо разрежение сети опробования, так как на него по аналогии можно распространить установленные закономерности; для асимметричных структур оба крыла опробуются с равной степенью детальности. При этом учитывается мощность покровных отложений как возможного газупорного горизонта, наличие разрывных нарушений, для изучения влияния которых на газоносность предусматриваются дополнительные точки опробования.

Для условий сложноскладчатого нарушенного залегания должна учитываться возможность проявления влияния дополнительных факторов, обусловленных спецификой тектоники месторождения. Здесь могут иметь место: различия в градиенте изменения газоносности с глубиной на различных крыльях асимметричных структур, несоответствие ее количественных значений на одинаковой глубине в различных крыльях разрывных нарушений, повышение газоносности в закрытых структурах, в зонах развития экзогенной трещиноватости в нарушенных зонах и вблизи разрывных нарушений. Расположение точек опробования должно обеспечить получение данных отдельно по основным структурным элементам (тектоническим блокам, крыльям и замковым частям складок).

Получаемые при разведке данные о газоносности месторождений (участков) создают основу для прогноза метанообильности горных выработок, но вследствие несовершенства технических средств и сложного характера взаимосвязи газораспределения с большим комплексом природных особенностей месторождений полученные представления во многом схематизированы и приближены. При вскрытии и отработке месторождения необходимы постановка специальных наблюдений за газообильностью горных выработок и систематическое уточнение разведочных данных о природной газоносности месторождения по фактическим материалам эксплуатации.

В освоенных промышленностью районах следует также использовать результаты региональных обобщений и выявленные общие закономерности в проявлении природной газоносности на их территории.

Прогноз силикозоопасности дается по результатам опробования вмещающих уголь пород на содержание свободной двуокиси кремния  $\text{SiO}_2$ .

на вскрытой и отработанной частях месторождения, сведений о первом появлении метана, наличии суффлярных выделений, их местоположении, интенсивности и продолжительности и др. При обработке собранных материалов необходимо проанализировать возможные причинные связи особенностей газового режима шахт с геологическими условиями участков разработки (структурными элементами, литологическим составом угленосной толщи, мощностью покровных отложений, морфологией пластов, петрографическим составом и степенью метаморфизма углей, глубиной залегания, гидрогеологическими условиями и т. п.).

На стадии поисковых работ специальных исследований по изучению газоносности обычно не предусматривается. На новых месторождениях в единичных скважинах целесообразно провести изучение качественного состава газа, что позволит ориентировочно определить природную газоносность месторождения и получить общие данные о газовой зональности. В основном на этой стадии производится изучение литературных данных и сбор сведений о газоносности района.

На стадии предварительной разведки должны быть получены вполне определенные материалы о природной газоносности месторождения и основных чертах ее проявления. На месторождениях (участках) с небольшой глубиной зоны газового выветривания должно быть выявлено влияние основных геологических факторов на характер газоносности, получены данные о глубинах первого появления метана и положении поверхности метановой зоны.

При отсутствии материалов, позволяющих использовать для этой цели метод аналогии, вначале по нескольким разведочным скважинам изучается качественный состав газов. При обнаружении метаноносности отбор проб для изучения качественного состава газа производится в разведочных скважинах, проходимых на основных профилях; при этом скважины, выбранные для опробования, должны обеспечить получение достаточно определенных данных о положении поверхности метановой зоны. Прямое определение газоносности угольных пластов в метановой зоне для общей ее количественной оценки производится в единичных точках. Для определения газоносности всего разреза пород в одной-двух наиболее глубоких скважинах целесообразно провести исследования комплексным методом МГРИ.

На стадии детальной разведки перед газовым опробованием ставятся следующие задачи:

а) уточнение влияния геологических факторов на распределение газа в угольных пластах и вмещающих породах;

б) уточнение гипсометрического положения поверхности метановой зоны и получение количественных значений природной газоносности по угольным пластам;

в) установление закономерностей в изменении природной газоносности угольных пластов по падению и простиранию и установление градиента нарастания ее с глубиной.

Основными на этой стадии являются методы изучения качественного состава газа и прямого определения газоносности рабочих угольных пластов в метановой зоне керногазонаборниками. Для выявления в стратиграфическом разрезе пород интервалов с повышенными коллекторскими свойствами, опробования зон разрывных нарушений и получения данных о метаноносности нерабочих угольных пластов дополнительно используется комплексный метод МГРИ.

Точки опробования, по которым изучается качественный состав газов, распределяются по площади месторождения (участка) с задачей, определить гипсометрическое положение поверхности метановой зоны с точностью  $\pm 25$  м.

Выбор точек и объем опробования по прямому определению газоносности пластов в метановой зоне обуславливаются в основном особенностями тектоники месторождения (участка) и характером угленасыщенности. В случаях, когда вскрытие и отработка запасов шахтного поля предусматриваются несколькими эксплуатационными блоками, необходимо получение данных о газоносности для каждого блока.

В условиях простого моноклиального залегания опробование рекомендуется проводить по скважинам, размещенным на разведочных линиях, проходящих через центральные части намеченных эксплуатационных блоков. Точки опробования размещаются так, чтобы получить данные о газоносности по каждому рабочему пласту, а при высокой угленасыщенности — по основному в каждой группе близких пластов через интервалы глубин (гипсометрических отметок) 50—100 м. Основные линии, по которым производится опробование газоносности, целесообразно совмещать с опорными профилями. На остальной площади по единичным замерам уточняются закономерности пространственного изменения газоносности основных пластов.

Изучение газоносности при простых складчатых структурах рекомендуется проводить аналогичным путем с дополнительным исследованием влияния тектоники на характер газораспределения. Для симметричных структур при детальной изученности одного из крыльев складки на другом крыле допустимо разрежение сети опробования, так как на него по аналогии можно распространить установленные закономерности; для асимметричных структур оба крыла опробуются с равной степенью детальности. При этом учитывается мощность покровных отложений как возможного газупорного горизонта, наличие разрывных нарушений, для изучения влияния которых на газоносность предусматриваются дополнительные точки опробования.

Для условий сложноскладчатого нарушенного залегания должна учитываться возможность проявления влияния дополнительных факторов, обусловленных спецификой тектоники месторождения. Здесь могут иметь место: различия в градиенте изменения газоносности с глубиной на различных крыльях асимметричных структур, несоответствие ее количественных значений на одинаковой глубине в различных крыльях разрывных нарушений, повышение газоносности в закрытых структурах, в зонах развития экзогенной трещиноватости в нарушенных зонах и вблизи разрывных нарушений. Расположение точек опробования должно обеспечить получение данных отдельно по основным структурным элементам (тектоническим блокам, крыльям и замковым частям складок).

Получаемые при разведке данные о газоносности месторождений (участков) создают основу для прогноза метанообильности горных выработок, но вследствие несовершенства технических средств и сложного характера взаимосвязи газораспределения с большим комплексом природных особенностей месторождений полученные представления во многом схематизированы и приближены. При вскрытии и отработке месторождения необходимы постановка специальных наблюдений за газообильностью горных выработок и систематическое уточнение разведочных данных о природной газоносности месторождения по фактическим материалам эксплуатации.

В освоенных промышленностью районах следует также использовать результаты региональных обобщений и выявленные общие закономерности в проявлении природной газоносности на их территории.

Прогноз силикозоопасности дается по результатам опробования вмещающих уголь пород на содержание свободной двуокиси кремния  $\text{SiO}_2$ .

В горных породах, содержащих более 10% свободной двуокиси кремния (кварциты, кварцевые песчаники, диатомиты, опоки, изверженные кварцосодержащие породы), а также в породах с заведомо меньшим, чем 10%, содержанием свободной  $\text{SiO}_2$  определения ее не производятся.

Для определения содержания  $\text{SiO}_2$  используются методы: петрографический, химические, термический.

**Петрографический** метод применяется для пород, состоящих из зерен диаметром 0,01 мм и более. Он заключается в определении процентного содержания свободной двуокиси кремния путем подсчета видимых зерен кварца, халцедона и опала в прозрачных шлифах, изготовленных для соответствующих разновидностей пород. Для тонкодисперсных пород с преобладанием размера зерен менее 0,01 мм (например, иллит, монтмориллонит, каолинит) производится анализ на общее содержание  $\text{SiO}_2$  с последующим пересчетом в соответствии с минералогическим составом на количество свободной  $\text{SiO}_2$ .

**Химический** метод заключается в разложении силикатов различными растворителями и последующем определении содержания свободной двуокиси кремния.

**Термический** метод основан на способности кристаллического кварца переходить в определенных термических условиях из альфа-кварца в бета-кварц и при охлаждении совершать обратный процесс перехода. По термограммам процесса фазовых изменений определяется процентное содержание кварца в образце пыли.

При содержании в породах более 10% свободной двуокиси кремния проходка горных выработок в этих породах будет силикозоопасной.

Прогноз **самовозгораемости углей** производится или по методу аналогии с опытом их разработки на действующих предприятиях, или по непосредственному определению температур возгорания неокисленного угля и угля, окисленного пергидролем (по методу В. С. Веселовского, Е. А. Терпагосовой и Г. Л. Орлеанской).

Критерием оценки самовозгораемости угля по этой методике является разность температур возгорания окисленного и неокисленного угля. Эта разность составляет для углей, склонных к самовозгоранию, 25—50° С, для несклонных — не превышает 10° С. Если в пласте угля хотя бы одна пачка склонна к самовозгоранию, то весь пласт должен быть отнесен к самовозгорающимся.

В Донецком бассейне хорошие результаты дает метод МакНИИ, которым склонность углей к самовозгоранию определяется по их окисляемости — количеству прореагировавшего кислорода и образовавшихся продуктов окисления.

Склонность углей к самовозгоранию изменяется по простиранию и падению пластов. Она увеличивается: в более нарушенных участках, на верхних горизонтах и с возрастанием мощности пласта. По данным В. С. Веселовского (1959 г.), максимум активации угля проходит на глубине 50—100 м от поверхности. На глубине более 200 м от поверхности все пласты мало склонны к самовозгоранию, за исключением участков, находящихся вблизи тектонических нарушений. Процесс активации угля распространяется по падению пластов от дневной поверхности неравномерно вследствие неравномерного притока кислорода из атмосферы к пластам угля. Склонность углей к самовозгоранию непостоянна во времени, а также зависит от интенсивности притока воздуха. В старых выработках она постепенно увеличивается вследствие раскрытия микротрещин и увеличения реагирующей поверхности угля в результате снятия горного давления.

С возрастанием степени метаморфизма углей склонность его к самовозгоранию уменьшается.

При наличии эксплуатационных работ должны быть изучены имевшие место случаи самовозгорания углей под землей и на поверхности и проанализированы условия, в которых произошло самовозгорание (система разработки, время обнаженности поверхности угля, вещественный его состав, тектонические условия, размеры штабелей, условия хранения добытого угля и т. п.).

Оценка **геотермических** условий дается по результатам термометрических исследований, проводимых в глубоких скважинах одновременно с каротажными исследованиями. Для прогноза геотермических условий также должны привлекаться данные опыта действующих шахт, разрабатывающих глубокие горизонты месторождения.

## Глава VII ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ

### § 29. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Подсчет запасов является завершающим этапом поисково-разведочного процесса в целом и каждой отдельной из его стадий. При необходимости он осуществляется в процессе эксплуатации месторождения — для планирования текущей добычи или при существенном изменении прежних представлений о горно-геологических условиях разработки и промышленном значении ранее подсчитанных запасов отдельных участков или шахтного (карьерного) поля в целом.

При подсчете запасов:

оконалируются площади промышленного распространения угольных пластов (залежей) и тел других сопутствующих полезных ископаемых; определяются их формы, размеры, величины основных параметров (мощности, внутреннего строения, элементов залегания) и закономерности пространственного изменения этих величин;

устанавливается качество угля и попутных полезных ископаемых, пространственное распространение различных их природных типов и промышленных сортов, наличие и закономерности распределения в углях сопутствующих полезных компонентов, имеющих промышленное значение;

определяется степень изученности (категории) запасов углей, попутных полезных ископаемых и полезных компонентов в различных пластах (залежах) и на отдельных участках оцениваемого месторождения (участка);

подсчитывается количество балансовых и забалансовых запасов углей и сопутствующих полезных ископаемых с распределением их по пластам (залежам), а при необходимости — по природным типам и промышленным сортам.

С учетом результатов подсчета запасов определяется подготовленность нового детально разведанного месторождения (участка) для промышленного освоения и решаются вопросы дальнейшего развития горно-эксплуатационных работ на действующих горнодобывающих предприятиях, оцениваются экономическая эффективность выполненных геологоразведочных работ и правильность принятой методики разведки. В необходимых случаях устанавливаются объемы и направления дополнительных геологических, технологических и других видов исследований, что особенно важно при анализе результатов поисковой и предварительной разведки.

Подсчет запасов углей на разведанных месторождениях (участках) производится по каждому пласту (залежи) или их частям, имеющим самостоятельное промышленное значение. Для слабо изученных площадей, запасы которых подсчитываются по категории  $C_2$ , допускается осуществление подсчета запасов по угленности (суммарной мощности пластов в оцениваемом интервале разреза угленосной толщи).

Запасы ископаемых углей подсчитываются в единицах массы (тыс. т) при естественной влажности. Элементарная формула подсчета запасов

$$Q = V \cdot \gamma,$$

где  $V$  — объем тела полезного ископаемого (угольного пласта, залежи) или его части, выделенной для подсчета;

$\gamma$  — объемная масса угля в естественном залегании.

Подсчет запасов попутных полезных ископаемых, образующих во вмещающих уголь перекрывающих или подстилающих угленосные отложения порода самостоятельные тела (пласты, залежи), производится в соответствии с методическими принципами, требованиями промышленности к данному виду сырья и условиями, установленными для подсчета запасов этих полезных ископаемых на оцениваемом месторождении.

Запасы сопутствующих углям полезных компонентов ( $P_k$ ) подсчитываются в контурах подсчета запасов углей по формуле

$$P_k = Q \cdot c,$$

где  $Q$  — запасы угля;

$c$  — среднее содержание попутного полезного компонента.

Промышленная значимость, необходимость и условия подсчета запасов сопутствующих полезных компонентов также устанавливаются условиями.

### § 30. МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Полезные ископаемые залегают в земной коре в виде тел, ограниченных сложными поверхностями. Для производства подсчета объемов тел производится графическое упрощение их формы с приведением к равновеликим геометрическим фигурам, ограниченным плоскостями, что облегчает производство вычислительных операций. Методические приемы такой геометризации зависят от геологических особенностей месторождения — формы тела, условий их залегания, изменчивости качества полезного ископаемого, а также от степени изученности разведываемого объекта и в увязке с пространственным расположением разведочных выработок.

На ранних стадиях изучения месторождений применяются геолого-статистический и среднеарифметический методы подсчета запасов.

**Геолого-статистический** метод заключается в распространении по аналогии на неразведанную площадь, где по общим геологическим представлениям предполагается наличие промышленной угленосности, усредненных данных об угленосности (коэффициенте угленосности или мощности суммарного пласта), полученных по результатам эксплуатации или детальной разведки, осуществленных на части месторождения (угленосной площади).

Метод применяется для подсчета прогнозных запасов и для перспективной оценки слабо разведанных площадей. Обычно вводятся поправочные коэффициенты, учитывающие возможное снижение количества запасов за счет проявления генетического выклинивания пластов, внутриформационных размывов, усложнения тектоники, которое может сопровождаться утратой промышленной значимости отдельных участков общей площади подсчета.

Запасы угля ( $Q$ ) по статистическому методу определяются по формулам

$$Q = V \cdot q \cdot \gamma \cdot k \text{ или } Q = S \cdot p \cdot \gamma \cdot k,$$

где  $V$  — объем угленосной толщи на площади подсчета;

$q$  — коэффициент угленосности;

$S$  — площадь подсчета;  
 $P$  — мощность суммарного пласта;  
 $k$  — поправочные коэффициенты на снижение запасов за счет утраты промышленной ценности отдельных участков в пределах площади подсчета;  
 $\gamma$  — средняя величина объемной массы угля.

Метод **среднего арифметического** заключается в преобразовании тела полезного ископаемого (пласта, залежи) на всей площади его распространения (или выделенной части) в единую призму с постоянной высотой, соответствующей усредненной мощности тела полезного ископаемого. Высота призмы определяется как среднеарифметическое из данных о мощности пласта (залежи) по всем выработкам, пересекающим ее на площади подсчета. Формула подсчета в этом случае имеет вид

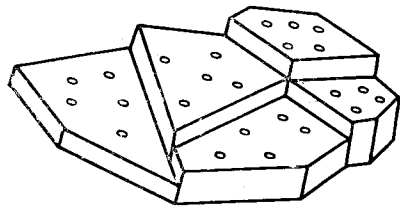


Рис. 56. Преобразование тела пласта при подсчете запасов методом геологических блоков

$$Q = S \frac{\sum_{i=1}^n m}{n} \gamma,$$

где  $S$  — площадь подсчета;

$\frac{\sum_{i=1}^n m}{n}$  — среднеарифметическое значение мощности пласта по выработкам;

$\gamma$  — средняя величина объемной массы угля.

При значительных колебаниях мощности пластов (залежей) и качества угля, а также при сложных условиях их залегания метод среднеарифметического не создает условий для дифференцированной оценки промышленного значения и степени изученности отдельных частей месторождения (площади подсчета). Поэтому этот метод применяют, как правило, для подсчета запасов ненарушенных или слабо нарушенных выдержанных по мощности, составу и качеству пластов (залежей) и ограничено для ориентировочной оценки запасов геологических сложных месторождений. Обычно его используют при необходимости осуществления быстрого оперативного подсчета слабо разведанных площадей и для общего контроля результатов подсчетов, произведенных другими методами.

**Метод геологических блоков.** Оконтуренные для каждого пласта (залежи) на подсчетных планах площади распространения балансовых и забалансовых запасов подразделяются на блоки, характеризующиеся общностью основных параметров горно-геологической оценки — мощности и строения пласта, условий его залегания, степени нарушенности, качества угля, гидрогеологических условий. Тело пласта (залежи) как бы преобразуется в ряде сомкнутых разновеликих фигур (рис. 56), каждой из которых придают средние для фигуры характеристики указанных выше основных горно-геологических показателей.

Запасы угля в каждом блоке подсчитываются как произведение его площади на среднюю для блока мощность пласта (залежи) и величину объемной массы; запасы сопутствующих полезных компонентов — как произведение количества запасов угля в блоке на среднее по блоку содержание полезного компонента в угле. Общие запасы угля и заключенных в нем полезных компонентов определяются как сумма соответственных запасов, содержащихся в отдельных блоках.

Метод геологических блоков при правильном его использовании позволяет достаточно полно учитывать и отражать геологические особенности месторождения, закономерности в изменении основных параметров морфологии угольных пластов (залежей), состава и качества углей, горно-геологических условий отработки запасов. Этот метод является основным при подсчете предварительно и детально разведанных запасов углей.

**Метод ближайшего района (метод проф. А. К. Болдырева).** Площадь подсчета запасов подразделяется на многоугольники, прилегающие к каждой разведочной выработке, пересекающей пласт (залежь); каждая точка внутри многоугольника более близка к выработке, возле которой он отстроен, чем к любой из смежных. Всем точкам многоугольника придают значения показателей (мощности, строения пластов, качества угля), определенных по соответствующей выработке. Тело пласта (залежи) как бы преобразуется в ряд сомкнутых многогранных призм (рис. 57), каждая из которых имеет высоту, равную мощности пласта (залежи) в выработке, при которой она выделена. Запасы угля в каждой призме определяются как произведение ее высоты на площадь основания и объемную массу угля, а общие запасы по пласту (залежи) — суммированием запасов отдельных призм.

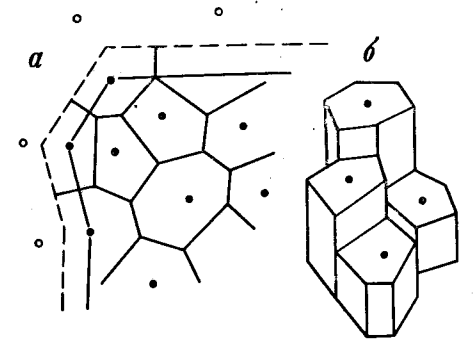


Рис. 57. Преобразование тела пласта при подсчете запасов методом ближайшего района:

$a$  — фрагмент подсчетного плана;  $b$  — перспективное изображение фрагмента

Методу ближайшего района свойственны ряд серьезных методических и технических недостатков. Границы подсчетных блоков при этом методе не отражают естественных контуров обычно плавной изменчивости основных параметров промышленной оценки запасов.

Характеристика мощности и строения пласта, качества угля и других данных о пласте (залежи) для блока опирается на замеры (анализы), определенные по единичной выработке, что снижает достоверность такой характеристики и точность подсчета. Допущение, что на площади всего блока будут выдержаны показатели, определенные по одной точке, может сопровождаться существенными ошибками в представлениях о природных особенностях морфологии пластов, качестве угля и промышленной оценке запасов в том или ином блоке.

Для метода ближайшего района характерны громоздкость и сложность подсчетных операций. Помимо выделения многочисленных блоков у скважин и дополнительно в приконтурной зоне приходится выделять большое количество подблоков с различной категорией запасов (рис. 58). Поэтому этот метод используется весьма ограниченно обычно лишь на тех месторождениях или отдельных пластах, где вследствие очень резкой изменчивости мощностей и строения пласта затруднительно выделение крупных блоков, объединяющих выработки с близкими характеристиками этих параметров.

**Метод разрезов (сечений).** Для подсчета запасов по данным выработок отстраиваются геологические разрезы, на которых изображено сечение пласта (залежи) в вертикальной или горизонтальной плоскости. На этих сечениях производится оконтуривание запасов, выделения (балансовые или забалансовые), запасы с учетом их промышленного значения (балансовые или забалансовые),

степени разведанности, однородности геологического строения, состава и качества угля, общности горно-геологических условий отработки. По смежным сечениям производится увязка подсчетных фигур.

Подсчетные блоки выделяются между смежными сечениями. Объем запасов в них определяется как произведение величины линейных запасов, подсчитан-

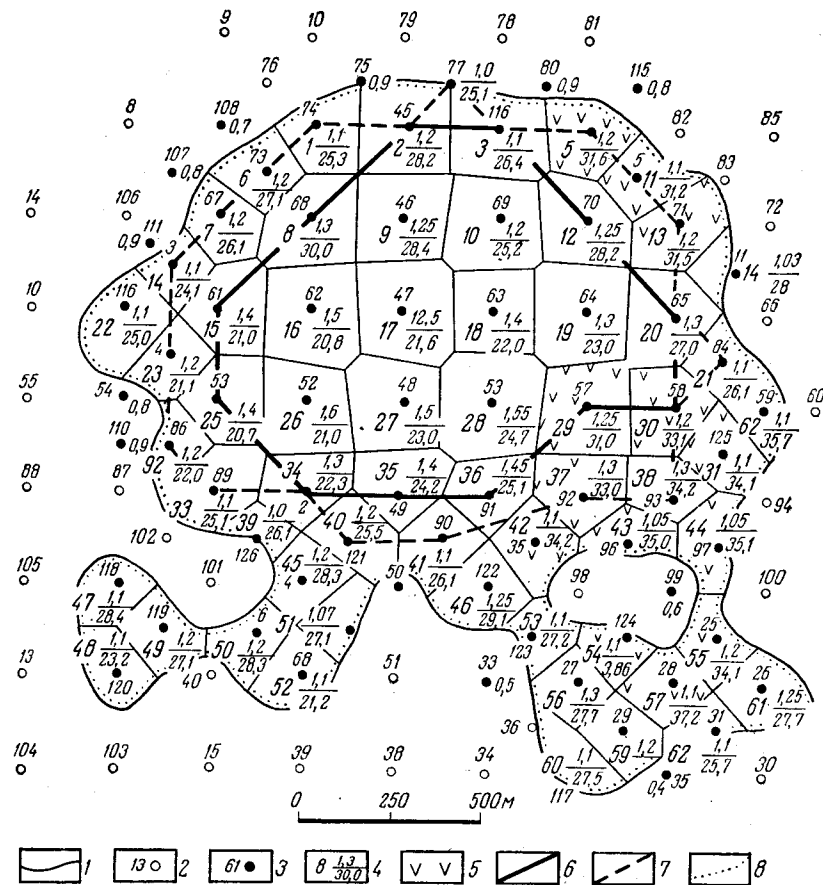


Рис. 58. Пример подсчета запасов методом ближайшего района (Мосбасс).

1 — контур метровой мощности пласта; 2 — скважины, не вскрывшие угольный пласт; 3 — скважины, вскрывшие угольный пласт; 4 — номер подсчетного блока: в числителе — мощность пласта, в знаменателе — зольность угля; 5 — блоки с зольностью угля выше установленного по шахте норматива (30%); 6 — контур запасов категории А; 7 — контур запасов категории В; 8 — контур запасов категории С.

ных в увязанных между собой подсчетных фигурах, выделенных на смежных сечениях при условно принятой их толщине в 1 м, на длину блока — расстояние между сечениями (рис. 59).

Если площади фигур в смежных сечениях более или менее равновелики, а сечения близки к параллельным, объем блока ( $V$ ) определяют по формуле призмы

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot l$$

где  $S_1$  и  $S_2$  — площади фигур в смежных сечениях;  
 $l$  — длина блока (расстояние между сечениями).

Если площади фигур в параллельных сечениях различны по величине более чем на 40%, для подсчета объема блока используется формула усеченной пирамиды

$$V = \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}}{3} \cdot l$$

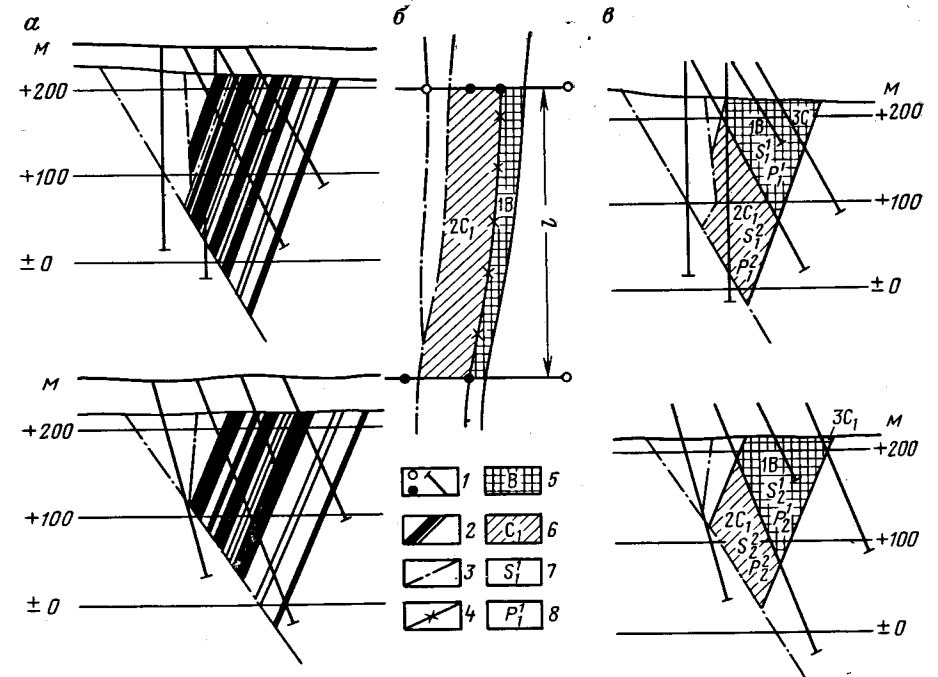


Рис. 59. Подсчет запасов методом вертикальных сечений:

а — геологические разрезы по смежным разведочным линиям; б — фрагмент подсчетного плана (построения на гор. +100 м); в — подсчетные сечения. 1 — скважины; 2 — уголь; 3 — разрывные нарушения; 4 — границы подсчетных блоков; фигуры: 5 — категории В, 6 — категории С; 7 — площади фигур в сечениях; 8 — коэффициенты угленасыщенности в фигурах

Для краевых блоков, ограниченных с одной стороны сечением, а с другой неправильной поверхностью тела пласта (залежи), применяются формулы клина

$$V = \frac{S_1 \cdot l_1}{2}$$

или конуса

$$V = \frac{S_1 \cdot l_1}{3}$$

где  $S_1$  — площадь фигуры в сечении;  
 $l_1$  — расстояние от плоскости сечения до точки минимальной мощности пласта на линии его выклинивания.

Подсчет на горизонтальных сечениях применяется редко, обычно его производят для определения запасов мощных пластов (залежей) на принятых горизонтах отработки.



Чаще подсчет запасов методом разрезов осуществляется на вертикальных сечениях, что увязывается с возможностью получения большего объема данных на сечении. Это обуславливает необходимость уже в процессе разведки предусматривать закладку выработок на более или менее параллельных линиях при достаточно равномерном распределении размещения линий и выработок на линиях.

При определении длин блоков между параллельными вертикальными сечениями следует учитывать изменения в простирании пластов. При наличии таких изменений длины блоков замеряются по изогипсам пластов на сопоставляемых дополнительно гипсометрических или погоризонтных планах. Для мощных пластов (залелей) длины блоков определяются как полусумма длин, замеренных по изогипсам их кровли и почвы. При подсчете запасов, приуроченных к замковым частям складок, длины блоков определяются с учетом наклона и ундуляции осей складок.

Вследствие резких изменений простирания пластов и других причин возможны и даже неизбежны случаи непараллельного размещения разведочных профилей и соответственно геологических разрезов.

В этом случае для определения объема блоков используются формулы, предложенные А. С. Золотаревым:

при угле между сходящимися разрезами менее  $10^\circ$

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2},$$

при угле более  $10^\circ$

$$V = \frac{\alpha}{\sin \alpha} \cdot \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2},$$

где  $H_1, H_2$  — длины перпендикуляров, опущенных из проекций центров тяжести площадей фигур в сечении на противоположную разведочную линию, м;

$\alpha$  — угол между сходящимися сечениями, рад.

Метод разрезов (сечений) позволяет в более полной мере учитывать сложные формы залегания и внутреннее строение тел полезных ископаемых, а также детали тектоники, сглаживаемые при искусственной геометризацией в других методах подсчета. Он широко используется при подсчете запасов геологически сложных рудных и нерудных месторождений. При подсчете запасов углей он применяется более ограниченно — в случаях, когда метод геологических блоков не в состоянии отобразить и учесть детали сложных форм строения интенсивной тектонической нарушенности мощных угольных залежей.

Этот метод не рекомендуется применять, когда расположение выработок не обеспечивает возможности отстройки непосредственно по ним геологических разрезов и для построений производится искусственное их проецирование на плоскость разреза.

Метод изолиний применяется при горизонтальном или близком к нему залегании пласта (угольной залежи). На условной плоскости, параллельной напластованию, строятся изолинии равной мощности пласта. Расстояния между изолиниями выбираются в зависимости от формы залежи, характера изменения мощности, густоты сети разведочных выработок, предполагаемых условий разработки (например, высоты уступа при открытой разработке). Интерполяция между данными смежных выработок допускается лишь в случае, если они находятся на одной и той же стороне ската условной топографической поверх-

ности пласта, и производится обычно по закону прямолинейной зависимости, а при возможности — с привлечением геологических разрезов.

Подсчет запасов производится по формулам: трапеции, усеченного конуса или усеченной пирамиды, призматоида (Симпсона) или с применением объемной палетки проф. П. К. Соболевского.

Метод изолиний применяется при подсчете запасов мощных угольных пластов (залелей) сложной формы при значительных, но относительно равномерных изменениях мощности и только при наличии достаточно большого числа выработок, обеспечивающего возможность надежного построения изолиний. Достоинством его является создание наглядного графического представления о форме угольной залежи, облегчающего проектирование и планирование эксплуатационных работ. Вычислительные операции сравнительно несложны. Метод этот неприменим на первых стадиях разведки (из-за недостаточного числа выработок), на месторождениях с разрывными нарушениями и со слабо выраженными изменениями в мощности пластов.

### § 31. ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Построение графической основы подсчета запасов, оконтуривание угольных пластов и тел попутных полезных ископаемых, определение усредненных для месторождения (подсчетных блоков) величин параметров подсчета — мощности пластов (залелей), элементов залегания, показателей качества, содержания попутных полезных компонентов, объемной массы угля — производится на основе соответствующих данных, полученных по частным пересечениям тел полезных ископаемых разведочными и горно-эксплуатационными выработками, а также геофизическими методами исследований.

Основным в подготовке исходных данных о мощности и строении тел полезного ископаемого, его качестве и элементах залегания и других показателях является установление их представительности — соответствия природным условиям.

**Мощность пластов** и внутрипластовых породных прослоев замеряется с точностью до 1 см.

При замерах мощности угольного пласта в естественных обнажениях и в мелких горноразведочных выработках следует учитывать, что она в зонах выветривания и окисления может быть существенно искажена за счет сдавливания разрыхленной угольной массы вмещающими более крепкими породами, а также за счет удаления части органической массы угля в виде окислов углерода и воды (см. рис. 39). Поэтому данные о мощности и строении пласта в естественных обнажениях, канавах, мелких шурфах и дудках в тех случаях, когда они не подтверждены замерами в коренном залегании (ниже зоны окисления углей), используются только как факт наличия пласта для установления положения его выхода на дневную поверхность или под покровные отложения и для построения контуров подсчетных блоков; при подсчете запасов эти данные не учитываются.

Тщательной оценке подлежит представительность используемых при подсчете данных о мощности и строении пластов из геолого-маркшейдерской документации горных выработок. В документации по очистным выработкам при отработке мощных и особенно сложных по строению пластов часто отражается не полная, а только выемочная их часть. При длительном разрыве во времени между проходкой и ее документацией мощность пласта может исказиться за счет влияния горного давления вышележащих пород. Значительный объем геолого-

маркшейдерской документации отображает локальные резкие изменения в морфологии угольных пластов под влиянием каких-то геологических процессов, осложнивших ведение горно-подготовительных или горно-эксплуатационных работ. Такие зарисовки представляют большую ценность для геологических построений и выводов о промышленной значимости запасов угля на соответствующих участках распространения пластов. Но для расчета усредняемых при подсчете величин они используются ограниченно с тщательной оценкой влияния их на результаты расчета.

Как отмечалось выше, основным материалом для суждения о морфологии угольных пластов и элементах их залегания является керн буровых скважин и данные скважинной геофизики. При правильном подборе комплекса и качественном проведении геофизических исследований, соответствующим утвержденным ГКЗ СССР условиям использования каротажа при подсчете запасов углей, обеспечивается достаточно высокая точность данных о мощности, строении и глубинах залегания угольных пластов. При неполноте комплекса и некачественности проведения геофизических исследований, что особенно характерно для используемых при подсчете запасов скважин прежних лет разведки, тщательно анализируются качество переборки скважиной интервала залегания угольного пласта и прежде всего полнота и сохранность структуры поднятого керна угля и вмещающих пласт пород. Результаты каротажа используются здесь как дополнительный материал для получения более объективных данных.

Для оценки надежности принимаемых данных следует проводить сопоставление результатов определения мощности и строения угольных пластов по керну и геофизическими методами, а на разрабатываемых месторождениях — с данными геолого-маркшейдерской документации. Такое сопоставление повышает точность интерпретации результатов геофизических исследований и кернавого материала.

Данные о мощности и строении пластов по пересечениям, явно дефектным вследствие низкого качества буровых и каротажных работ, должны активироваться и исключаться из расчетов при выводе средних показателей, а также не учитываться при установлении закономерностей изменчивости морфологии того или другого пласта на оцениваемой площади.

Измеренные по выработкам видимые мощности пласта должны быть пересчитаны в истинные. Пересчет производится по формулам

$$m_n = m_r \cdot \sin \beta = m_b \cdot \cos \beta,$$

где  $m_n$  — истинная мощность пласта;  
 $m_r$  и  $m_b$  — видимые мощности, соответственно горизонтальная или вертикальная;

$\beta$  — угол наклона пласта к горизонту.

При отклонении выработки (особенно скважины) от вертикального и нормального к простиранию пласта направлений необходимо вносить поправки на зенитные и азимутальные углы выработки (скважины) при пересечении ею пласта

$$m_n = m_3 \cdot \cos(\beta \pm \alpha) \cos \gamma,$$

где  $m_3$  — мощность, замеренная по выработке;

$\alpha$  — зенитный угол выработки;

$\gamma$  — угол между азимутом выработки и азимутом падения пласта.

При значительных зенитных и азимутальных искривлениях скважин данная формула может привести к существенным искажениям в вычислении истин-

ной мощности пласта. Поэтому в случаях, когда азимутальные отклонения скважины более  $30^\circ$  (при зенитных углах  $\leq 5^\circ$ ) и  $20^\circ$  (при зенитных углах  $> 5^\circ$ ), рекомендуется пользоваться формулой П. М. Леонтовского

$$m_n = m_3 (\cos \alpha \cdot \cos \beta + \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma).$$

Угол наклона пласта к горизонту  $\beta$  требует тщательного определения. Поскольку угольные пласты не обладают четко выраженной слоистостью, замеры часто производятся в породах кровли или почвы пласта, что при значительном удалении точек замеров от пласта может вызвать ошибку за счет изменения зенитного угла искривления скважины  $\alpha$ . Многократные измерения угла  $\beta$  в пласте и в непосредственной близости к нему и расчет его среднеарифметического значения позволяют более точно определять этот параметр.

**Качество угля.** В задачи подсчета запасов входит установление пространственного распределения различных природных типов и сортов (марок, технологических групп) углей и определение в необходимых случаях количеств запасов соответствующих разновидностей. Кроме того, зольность угля пласта в целом или отдельных его частей в случаях превышения ее значения над пределом, установленным кондициями, отражается в принимаемых для подсчета данных о мощности и строении пласта. Поэтому перед осуществлением подсчета запасов необходима тщательная обработка полученных при разведке материалов по изучению качества угля каждого из оцениваемых пластов.

При рассмотрении результатов исследования качества углей, базирующихся в основном на анализах керновых проб, наблюдаются большие колебания в величинах основных показателей. Во многих случаях эти колебания не отражают истинной картины изменчивости качества угля под влиянием каких-либо генетических причин, например пространственного изменения вещественного состава углей или степени их метаморфизма. Часто они являются следствием различной представительности поступивших на исследование проб — влияния избирательного истирания угля и вмещающих его пород, засорения угольного вещества породными примесями и глиной из бурового раствора, искусственного обогащения проб и искажения строения угольного пласта за счет удаления песчано-глинистых и углистых пород, попавших в керн из внутрипластовых прослоек и неправильно отнесенных к вмещающим пласт разностям.

Неполнота выхода керна и плохая сохранность его структуры отрицательно отражаются на достоверности всех основных показателей качества угля и прежде всего на определении зольности угля. При петрографически неоднородных углях избирательность выкрашивания различных петрографических разностей угля сказывается на основных классификационных параметрах марочного состава углей — выходе летучих веществ и спекаемости. Величины этих показателей также могут искажаться за счет окисляемости углей при долгом хранении проб и повышенной зольности углей в анализируемых пробах. Разложение при нагревании содержащихся в минеральной части пробы гидратов и карбонатов приводит к увеличению выхода летучих веществ, а наличие большого количества легкоплавких разностей минеральных примесей, цементирующих угольные зерна, может привести к ошибкам в определении показателей спекаемости угля. Следует учитывать, что сравнительно небольшие искажения в выходе летучих веществ (2—3%) или в толщине пластического слоя (несколько миллиметров) могут сопровождаться неточностями в определении марки и технологической группы угля средней степени метаморфизма. Поэтому заключения по технологической группировке углей и построение на подсчетных планах границ распространения углей различного марочного (группового)

состава должны основываться на результатах анализов малозольных или пред-варительно обогащенных проб.

С учетом вышеизложенного, при обработке результатов исследований в случаях резких незакономерных колебаний величин основных показателей качества угля следует тщательно анализировать представительность проб, устанавливая зависимости ее от полноты извлечения и сохранности структуры зерна по интервалу опробования, сроков хранения и пересылки проб и сроков производства анализов и особенностей вещественного состава углей. Досто-

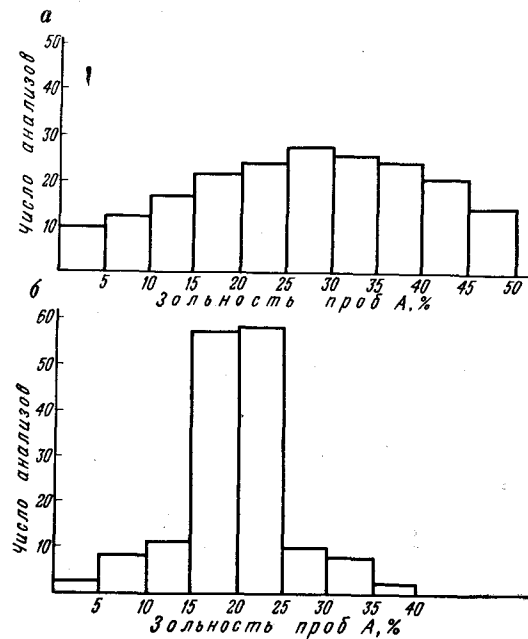


Рис. 60. Характеристика зольности угольного пласта по данным опробования: а — изменчивый характер зольности угля; б — выдержанный характер зольности угля

Определение среднепластовой (с учетом засорения угля внутрипластовыми породными прослоями) зольности угля — одного из основных показателей кондиционности пласта в точке его вскрытия разведочной или горной выработкой производится по формуле

$$A_{\text{ср}}^{\text{с}} = \frac{A_1^{\text{с}} m_1 \gamma_1 + A_2^{\text{с}} m_2 \gamma_2 + \dots + A_n^{\text{с}} m_n \gamma_n}{m_1 \gamma_1 + m_2 \gamma_2 + \dots + m_n \gamma_n},$$

где  $A_1^{\text{с}}, A_2^{\text{с}}, \dots, A_n^{\text{с}}$  — зольность каждого принятого к подсчету угольного и породного прослоя;

$m_1, m_2, \dots, m_n$  — мощности соответствующих угольных и породных прослоев;

$\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$  — объемная масса (плотность) соответствующих угольных и породных прослоев.

Для упрощения расчетов среднепластовой зольности следует использовать графические методы (номограммы), предложенные Н. А. Поповой (1961), В. Ф. Доброправовым (1970), В. Р. Клером (1975) и другими исследователями.

Объемная масса угля  $\gamma$  является одним из основных параметров подсчета. Незначительные изменения этого показателя сопровождаются в масштабах подсчета запасов углей существенными различиями в количестве запасов. Точность определения объемной массы для подсчета запасов установлена в  $0,01 \text{ г/см}^3$ .

Наиболее достоверные результаты определения объемной массы дает способ пробной вырубki. Однако возможность определений этим способом ограничена необходимостью иметь широкий фронт горных выработок, по которым можно произвести достаточное (для обоснованного расчета средних величин) количество замеров. Единичные замеры характеризуют пласт только в точке вскрытия и могут дать случайные и непредставительные в целом для пласта значения  $\gamma$ . Поэтому способ пробной вырубki применяется, как правило, в процессе ведения эксплуатационных работ для корректировки разведочных данных и более точного учета добычи и потерь угля при разработке. Недостатком этого способа является его трудоемкость. При вырубке ниши объемом не менее  $1 \text{ м}^3$  (при поперечном ее сечении в  $1 \text{ м}^2$  на мощность пласта) масса отобранного материала достигает нескольких тонн; сокращение его для получения аналитических проб с целью параллельного определения зольности и влажности угля является очень громоздкой операцией. Исследованиями А. М. Олыкайна (1972) установлено, что вполне допустимая точность определения объемной массы достигается при пробной вырубке ниши с поперечным сечением  $0,25 \text{ м}^2$  ( $0,5 \times 0,5 \text{ м}$ ) и параллельным определением необходимых показателей качества угля из проб, отобранных по бороздовой пробе сечением  $0,05 \times 0,005 \text{ м}$ .

Лабораторные определения объемной массы углей производятся по образцам, отбираемым из забоев горных выработок и разведочных скважин в количестве 30—40 на каждый оцениваемый пласт. Масса образцов 200—300 г. каждый. Образцы рыхлых (землистых) углей после отбора пробы герметизируются. Часть пробы (50—100 г) используется для определения зольности и влажности, остальная часть — для определения объемной массы. Последовательно определяются массы образца (средние величины из двух взвешиваний); на воздухе —  $P_1$ ; после насыщения их водой (для рыхлых бурых углей после парафинирования) —  $P_2$  и в погруженном в воду состоянии (на гидростатических весах) —  $P_3$ .

Объемная масса каждого образца ( $\gamma_{\text{ф}}$ ) вычисляется по формулам:

$$\text{для непарафинированного образца} \quad \gamma_{\text{ф}} = \frac{P_1}{P_2 - P_3},$$

для парафинированного образца

$$\gamma_{\text{ф}} = \frac{P_1}{P_2 - P_3 - \frac{P_2 - P_3}{\gamma_{\text{п}}}},$$

где  $\gamma_{\text{п}}$  — плотность парафина,  $\text{г/см}^3$ .

Вычисленная величина объемной массы каждого образца приводится к средней естественной влажности угля исследуемого пласта в массиве по формуле

$$\gamma_i = \gamma_{\text{ф}} \cdot \frac{1 - 0,01 W_{\text{ф}}}{1 - 0,01 W_{\text{м}}},$$

Средние значения величины  $\gamma_0$  и  $k$  углей некоторых бассейнов и месторождений

Бассейн, месторождение	$\gamma$	$k$	Исследователь, год
Донецкий среднекарбоновые угли марки Д	1,17	0,006	Л. Д. Богачева, 1972
Г	1,20	0,008	
Ж	1,17	0,013	
К	1,22	0,011	
ОС	1,23	0,012	
Т	1,27	0,008	
А	1,58	0,005	
нижнекарбоновые угли марки Г	1,10	0,009	
Подмосковный	1,05	0,01	М. И. Глейзер, 1952
Печорский			
Воркутское	1,22	0,008	Д. А. Казаковский, М. И. Глейзер, 1948
Кизеловский			
угли группы Г6	1,264	0,0052	А. А. Кузнецов, 1959
» » Ж13	1,214	0,0082	
Челябинский	1,25	0,007	Г. Л. Фисенко, 1951
сидеритизированные угли Коркинского и кальцитизированные Еманжелинского месторождений	1,25	0,011	
Иркутский			
Черемховское	1,22	0,007	Д. А. Казаковский, 1948

Частные значения объемной массы угля, определяемые по керну из разведочных скважин, обычно характеризуются широким диапазоном. Это является следствием как природной изменчивости строения пласта и вещественного его состава, так (в большей мере) и недостаточной представительностью материала из-за неполноты подъема керна и его избирательности истирания. Повышение точности определения средней величины объемной массы угля обеспечивается массовым характером определений и усреднением их данных для значительных площадей распространения пласта, по которым достигается достаточный набор представительных данных.

При аналитических расчетах и построении графиков следует тщательно анализировать представительность частных определений  $\gamma$ ,  $W^p$ ,  $A^c$ , исключая заведомо недостоверные, сомнительные и искаженные результаты анализов. На разрабатываемых месторождениях аналитически рассчитанные или графически определенные по данным керновых проб средние величины объемной массы углей следует сопоставлять с полученными по пробным вырубкам.

Подготовка исходных данных для подсчета запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с действующими инструктивными указаниями и методическими пособиями по соответствующим видам минерального сырья.

### § 32. ГРАФИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Основу пространственных представлений о проявлении и взаимосвязи главных природных факторов, учитываемых при геолого-промышленной оценке разведанного объекта и при подсчете запасов, создают увязанные между собой

где  $W_f$  — фактическая влажность образца до его насыщения водой, %;

$W_m$  — средняя влажность угля в массиве, %.

Величины  $W_f$  и  $W_m$  определяются в пересчете на рабочее топливо.

Средние величины объемной массы угля в массиве ( $\gamma_m$ ) для каждого оцениваемого угольного пласта определяются аналитическим или графическим способом.

При аналитическом способе используется формула

$$\gamma_m = \gamma_0 + k \cdot A^c,$$

где  $\gamma_0$  — среднее значение объемной массы угля;

$k$  — коэффициент, характеризующий изменение объемной массы угля при изменении зольности на 1%;

$A^c$  — средняя величина зольности угля пласта на оцениваемой площади его распространения.

Величины  $\gamma_0$  и  $k$  рассчитываются по формулам:

$$\gamma_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot \sum_{i=1}^n (A_i^c)^2 - \sum_{i=1}^n A_i^c \cdot \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot A_i^c}{N \cdot \sum_{i=1}^n (A_i^c)^2 - \left( \sum_{i=1}^n A_i^c \right)^2},$$

$$k = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^n \gamma_i A_i^c - \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot \sum_{i=1}^n A_i^c}{N \cdot \sum_{i=1}^n (A_i^c)^2 - \left( \sum_{i=1}^n A_i^c \right)^2},$$

где  $N$  — число образцов.

Для некоторых бассейнов и месторождений, а также углей различного марочного состава величины  $\gamma_0$  и  $k$  установлены по результатам обработки данных массовых определений (табл. 27) и рекомендуются соответствующими исследователями, как достаточно надежные для использования при расчетах средних величин объемной массы углей в массиве на новых участках. Однако, учитывая существенное влияние на величину объемной массы углей степени их метаморфизма и содержания в них пиритной серы (см. § 11), такое использование правомерно лишь для случаев, когда угли оцениваемого пласта характеризуются на данной площади равной степенью метаморфизма и низким или выдержанным содержанием серы.

Следует также учитывать уменьшение пористости и соответственно естественной влажности углей одного и того же марочного состава с глубиной современного залегания, что также отражается на величине их объемной массы. Так, по данным А. М. Оллыкайнена в углях марки Д Интинского месторождения уменьшение с глубиной залегания их естественной влажности на 1% сопровождается увеличением объемной массы на 0,014 г/см<sup>3</sup>. Градиент изменения с глубиной объемной массы углей составил здесь 0,03 г/см<sup>3</sup> на 100 м вертикального разреза.

При графическом способе средние величины объемной массы снимаются с графиков зависимости этого показателя от зольности угля. Графики отстраиваются по данным параллельных частных определений  $\gamma_i$  и  $A_i^c$ ; средние величины объемной массы угля в массиве принимаются соответственно средним для оцениваемого пласта (подсчетного блока) значениям зольности угля.

геологические карты, геологические разрезы, погоризонтные и гипсометрические планы. Составленные на основе замеров, наблюдений, анализов образцов пород и специальных исследований графические материалы отображают характер и направление пространственной изменчивости основных геолого-промышленных параметров, количественные и качественные показатели такой изменчивости.

К составлению графических материалов приступают с начального периода поисково-разведочных работ; в процессе разведки осуществляется их пополнение и уточнение, что в свою очередь позволяет вносить своевременные коррективы в проект разведочных работ. По завершении каждого этапа поисково-разведочного процесса производится окончательное оформление графических материалов, закрепляющее полученные представления о геологических особенностях разведанной площади и кладущееся в основу составления геологического отчета о результатах произведенных работ и подсчета запасов.

Графические материалы должны быть выполнены таких образом, чтобы при минимальном количестве чертежей они достаточно полно отображали обоснованность фактическими материалами произведенных геологических построений, выявленных закономерностей в изменчивости основных параметров геолого-промышленной оценки, результатов произведенного подсчета запасов. Чертежи должны быть наглядными, удобочитаемыми и составленными в единых условных обозначениях. На них следует четко оттенять сплошными и пунктирными линиями различия в достоверности структурных построений, в частности местоположения и развития разрывных нарушений, принятой параллелизации угольных пластов, экстраполируемого их залегания и т. п.

**Геологическая карта** месторождения (участка) отражает основные результаты проведенных работ в области познания геологического строения изучаемой площади. На нее наносится местоположение естественных обнажений, устьев эксплуатационных и разведочных выработок. В соответствии с результатами камеральной обработки полевых материалов уточняются границы распространения стратиграфических подразделений, элементы их залегания, положение выходов угольных пластов и структурных элементов — осей складок, разрывных нарушений. Для закрытых районов составляется карта выходов угольных пластов под покровные отложения.

Масштаб карт и детальность отображения на них геологической ситуации изменяются в соответствии с нарастанием объема получаемой информации для каждой из стадий разведочного процесса. Эти карты составляются по результатам поисковых работ в масштабах 1 : 100 000—1 : 50 000, по результатам предварительной разведки — в масштабах 1 : 25 000—1 : 10 000, по результатам детальной разведки — в масштабах 1 : 10 000—1 : 5000, при сложном рельефе и большой густоте разведочных выработок — в масштабах 1 : 2000—1 : 1000.

Геологические карты района и месторождения сопровождаются стратиграфическими колонками, а в необходимых случаях комплексом дополнительных специализированных карт — геоморфологических, гидрогеологических, рельефа поверхности коренных отложений и т. п. Характер и содержание дополнительных карт зависят от конкретных геологических условий.

**Геологические разрезы** составляются в масштабе, который позволяет наглядно отобразить элементы, положенные в обоснование увязки разреза угленосной толщи, параллелизации угольных пластов и структурных построений.

При оформлении результатов детальной разведки в зависимости от степени сложности геологического строения и с учетом густоты разведочных выработок

масштабы геологических разрезов обычно принимаются в пределах 1 : 1000—1 : 10 000. Горизонтальный и вертикальный масштабы при построении разрезов, как правило, должны быть одинаковыми. Преувеличение вертикального масштаба над горизонтальным допускается при горизонтальном залегании пород угленосной толщи и небольшой их мощности. Но и в этих случаях для получения более наглядного представления о структурных особенностях месторождения (участка) составляется несколько разрезов в неискаженном масштабе.

При сложном строении горизонтально залегающих угленосных отложений, затруднительной параллелизации угольных пластов и усложненной гипсометрии их почвы и кровли построение разрезов производится в двух взаимно перпендикулярных направлениях. При складчатом залегании пород угленосной толщи разрезы вычерчиваются вкрест простирания пород; для дополнительного обоснования структурных построений и параллелизации пластов составляется несколько опорных геологических разрезов по простиранию пород.

Плоскость разреза должна проходить через имеющиеся в натуре эксплуатационные и разведочные выработки; при этом следует стремиться к получению прямолинейного сечения. При непрямолинейном расположении плоскость разреза занимает усредненное положение, находящиеся вне ее выработки проектируются на плоскость разреза по простиранию пород. Допускается излом линии разреза, но отклонение линий от прямолинейного не должно быть резким. Практически допускается отклонение до 15°, что приводит к искажению углов падения пород не более одного градуса. При построении разрезов должны учитываться зенитные и азимутальные искривления стволов скважин.

На геологических разрезах отражаются: литологический состав и элементы залегания (углы падения) пород, вскрытых выработкой, глубина залегания почвы (для мощных угольных залежей и кровли) пластов, их индексация, мощность и строение, горизонты абсолютных отметок (через 50—100 м), принятые отметки эксплуатационных горизонтов и границы горных отводов действующих, строящихся и запроектированных предприятий. Между выработками обычно трассируются угольные пласты, маркирующие горизонты и разрывные нарушения, границы зон выветривания и окисления углей.

Для подавляющего большинства угольных месторождений маркирующими горизонтами, используемыми для увязки геологических разрезов, являются сами угольные пласты. Учитываются: 1) положение пласта в стратиграфическом разрезе пород угленосной толщи и относительно других пластов или маркирующих горизонтов; 2) мощность и строение пласта; 3) петрографический состав угля; 4) особенности качества угля — зольность, сернистость, выход летучих веществ; 5) фациально-литологические особенности кровли и почвы, внутрипластовых породных прослоев, типичные минеральные включения, остатки флоры. Дополнительными диагностическими признаками служат цикличность смены литологических разностей пород, мощности межпластий, геофизические реперы. В некоторых бассейнах (Кизеловский, Подмосковский) хорошие результаты для расчленения разреза и индексации угольных пластов дают палинологические исследования. Классическим примером облегченной синонимии пластов и увязки геологических разрезов является Донецкий бассейн, угленосная формация которого содержит многочисленные фаунистически охарактеризованные маркирующие горизонты.

Для обоснования принятой параллелизации угольных пластов и в необходимых случаях отдельных частей угольных пластов, составляются вспомогательные чертежи. Для многопластовых месторождений вычерчиваются специальные схемы параллелизации угольных пластов с крупномасштабными колонками

смежных скважин, по которым можно более полно учесть особенности литологического состава вскрытых пород и второстепенные диагностические признаки. Для месторождений с маломощной угленосной толщей и небольшим количеством угольных пластов, по которым необходима увязка отдельных пачек, последняя осуществляется на крупномасштабных выносках интервалов залегания пластов под линиями основных геологических разрезов.

При возможности (по загрузке чертежа) на геологические разрезы наносятся также положение уровней грунтовых вод, границы зон многолетней мерзлоты, изогазы и изотермы.

При подсчете запасов методом вертикальных разрезов (сечений) геологические разрезы являются графической основой подсчета. Непосредственно на них или на копиях с облегченной загрузкой наносятся данные о мощности пластов (залежей) и выходе керна в интервалах их залегания, нормируемые условиями показатели качества угля, контуры распространения балансовых и забалансовых запасов, подсчетных фигур. Для каждой подсчетной фигуры указывается принятая для нее к подсчету мощность пласта (залежи) или коэффициент угленасыщенности (при очень сложном строении залежей), площадь фигуры, категория запасов.

**Гипсометрические планы угольных пластов** отражают пространственные изменения их морфологии и качества углей, структурные особенности месторождения (участка) и условия залегания углей. Эти планы являются основным обобщающим материалом результатов проведенных геологоразведочных работ и базой для производства подсчета запасов методами среднего арифметического, геологических блоков, ближайшего района, а также для разработки проектных решений и планирования развития горно-эксплуатационных работ.

Гипсометрические планы составляются в виде проекций на горизонтальную (при углах падения пород до  $45^\circ$ ) или на вертикальную плоскость (при углах падения пород более  $45^\circ$ ). При прямолинейном простирании и выдержанных углах падения пород гипсометрический план может быть спроектирован на плоскость, параллельную одной из поверхностей (обычно почве) пласта. По существу такое проектирование производится при залегании пластов, близком к горизонтальному (до  $8^\circ$ ), когда за величину подсчетной мощности пласта принимается вертикальная его мощность, а площади проекций, измеренные на подсчетных планах, приравниваются к истинным ввиду незначительной разницы их величин.

Для построения гипсометрических планов используется геологическая карта месторождения (участка) или карта выходов пласта под покровные отложения, погоризонтные планы, геологические разрезы и данные о глубинах подсечения пластов и разрывных нарушений в плоскости пласта эксплуатационными и разведочными выработками.

На гипсометрические планы наносятся: устья выработок, вскрывших пласт, и точки пересечения почвы пласта этими выработками (с учетом зенитного и азимутального искривлений стволов скважин), горные выработки, пройденные в плоскости пласта (штольни, штреки, бремсберги, уклоны, разрезные печи и т. п.) и точки пересечения пласта горными выработками, пройденными не в плоскости пласта (квершлагами, ортами, гезенками и т. п.). По абсолютным отметкам точек пересечения пласта, нанесенным на план или снятым с геологических разрезов, погоризонтных планов, и другим вспомогательным графическим материалам отстраивается гипсометрический план подземного рельефа почвы пласта. Сечение горизонталей этого рельефа выбирается в зависимости от принятого масштаба и углов падения пласта. Для плана масштаба

1 : 5000—1 : 10 000 сечение между горизонталями при крутом падении принимается обычно в 100—200 м, при наклонном залегании — в 25—50 м, при пологом, близком к горизонтальному, — в 5—10 м. При более крупном масштабе планов горизонтали соответственно сгущаются, при более мелком — разрежаются.

Отстраиваются линии пересечения пласта плоскостями всех выявленных разрывных нарушений, оси основных и дополнительных складок, флексур, границы промышленного распространения пласта, линии его расщепления, граничные линии распространения углей различного качества по марочному составу — технологическим группам (рис. 61). На планах, как и на геологических разрезах, наносятся границы зон выветривания и окисления углей, при возможности — положение уровней грунтовых вод и границ многолетней мерзлоты, зон газового выветривания, изогазы, изотермы, площади распространения ложной кровли и т. п. Но во избежание чрезмерной загрузки чертежа иллюстрация закономерностей в изменении показателей качества угля — зольности (рис. 62), сернистости, а также параметров горно-геологической характеристики, гидрогеологических условий обычно производится на вспомогательных специализированных планах (как правило, более мелкого масштаба).

Гипсометрические планы являются графической основой подсчета запасов методами геологических блоков и ближайшего района и нагрузка чертежа приспособляется именно к этому назначению. Вблизи точек пересечения пласта выработками наносятся: номер выработки, вскрывшей пласт, нормальная общая и полезная мощность пласта, абсолютная отметка пересечения почвы пласта, основные показатели качества угля по пластопересечению — среднепластовая (с учетом засорения) и материнская зольность, для спекающихся углей — выход летучих веществ и толщина пластического слоя, для многосернистых углей — сернистость. При небольшой мощности пластов и редкой сети разведочных выработок вблизи точек подсечения пласта выработками наносятся структурные колонки пластов, что позволяет более наглядно отобразить пространственные изменения его морфологии на оцениваемой площади. При большой загрузке плана — сложных структурных условиях залегания, густом расположении разведочных выработок, сложном строении мощных пластов и т. п. структурные колонки пластов выносятся в определенном порядке (обычно соответственно их пространственному размещению на разведанной площади) на поля чертежа или на отдельные листы, прилагаемые как обоснование произведенному подсчету запасов. Масштаб структурных колонок угольных пластов обычно принимается равным 1 : 50; для мощных и сверхмощных пластов простого строения он может быть уменьшен, при сложном строении мощных пластов структура их отображается с разрывом в однородных литологических и углепетрологических разностях. Построение структурных колонок производится по данным о мощности пласта и составляющих его пропластков, приведенным к нормальным значениям.

В увязке с проектными проработками и решениями соответствующих организаций наносятся принятые технические границы угледобывающих предприятий.

На гипсометрических планах в соответствии с условиями оконтуриваются площади подсчета балансовых и забалансовых запасов, выделяются подсчетные блоки и производится подразделение запасов по степени их изученности (категориям).

**Погоризонтные планы**, как правило, являются вспомогательными материалами, дополнительно обосновывающими и иллюстрирующими произведенные



геологические построения. Особую ценность они представляют при совмещении их с эксплуатационными горизонтами на разрабатываемых месторождениях, что позволяет наиболее полно использовать геологическую информацию, полученную в процессе эксплуатации, и планировать дальнейшее развитие горных работ. При подсчете запасов методом горизонтальных сечений они являются графической основой подсчета и в этом случае на них наносится нагрузка, аналогичная указанной выше для геологических разрезов при подсчете методом вертикальных сечений. Составление погоризонтных планов является обязательным при осуществлении подсчета запасов методом вертикальных сечений; на них производится увязка подсчетных фигур, выделенных в сечениях, и наносятся границы подсчетных блоков.

Для разрабатываемых месторождений к отчетам с подсчетом запасов прилагаются копии планов горных работ пластов, по которым производилось вскрытие и отработка запасов. Положение горных выработок и геологические данные переносятся с планов горных работ на соответствующие чертежи и используются для их построения, а также при подсчете запасов. Копии планов горных работ и правильность отображения на чертежах использованных по ним данных заверяются ответственными представителями геолого-маркшейдерской службы соответствующих горных предприятий.

### § 33. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОКОНТУРИВАНИЯ

Общая площадь подсчета запасов месторождения (участка) определяется естественными или искусственными границами. Естественными границами являются: выход нижнего или имеющего наибольшее площадное распространение из оцениваемых угольных пластов под покровные отложения, контуры генетического выклинивания и размывов угольных пластов, элементы тектоники — разрывные нарушения, оси складок. В качестве искусственных границ принимаются границы намечаемых горных отводов, при выборе которых помимо естественных контуров месторождения учитываются элементы ситуации и гидрографии поверхности, требующие оставления охранных целиков (населенные пункты, крупные реки, водоемы, линии транспортных магистралей, высоковольтных электропередач, нефтегазопроводов и другие капитальные сооружения), а также условные линии (плоскости) по поверхности и на глубине, запасы угля в контурах которых обеспечивают работу горнодобывающего предприятия.

Общие границы подсчета запасов детально разведанных участков определяются в процессе технико-экономического обоснования детальной разведки и согласовываются с проектными и заинтересованными эксплуатационными организациями.

Площади подсчета запасов, заключенных в отдельных пластах в пределах общей площади подсчета, определяются контурами, внутри которых запасы отвечают установленным кондициям для подсчета балансовых и забалансовых запасов. Естественно, что для пластов, имеющих повсеместное промышленное значение с параметрами, удовлетворяющим требованиям кондиций для подсчета балансовых запасов, частные и общие площади подсчета запасов совпадают.

Для пластов, мощность которых, качество угля или горнотехнические условия разработки на каких-либо участках общей площади их распространения не соответствуют требованиям кондиций, подсчет запасов производится в контурах предельного значения соответствующих нормативов, установленных для балансовых и забалансовых запасов.

Построение контуров (изолиний предельной мощности пластов или предельной зольности угля) производится интерполяцией или экстраполяцией соответствующих данных, полученных по выработкам, пересекающим пласт. При этом различают внутренний и внешний контуры подсчета.

Внутренний контур интерполируется через крайние выработки (рис. 63), пересекающие пласт с показателями его мощности и зольности угля, удовлетворяющими требованиям кондиций для подсчета запасов различных промышленных групп (балансовых или забалансовых). Считается, что внутренний контур характеризует гарантированные, хотя обычно несколько преуменьшенные размеры тела полезного ископаемого. Это положение правильно лишь при соответствии размерности разведочной сети степени изменчивости нормативных

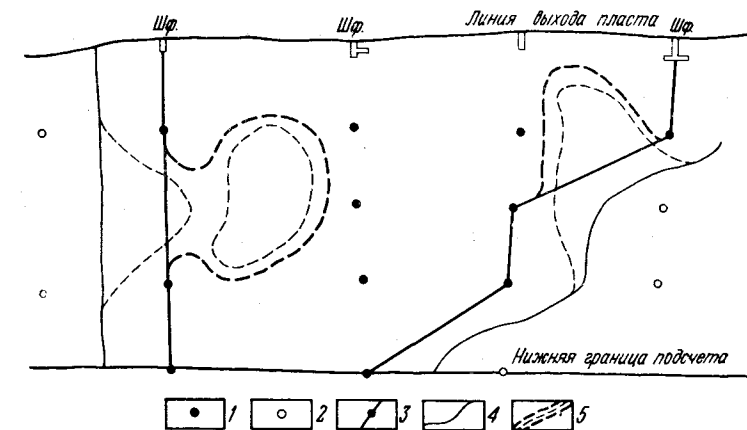


Рис. 63. Оконтуривание пласта по мощности.

1 — скважины, вскрывшие пласт с рабочей мощностью; 2 — скважины, вскрывшие пласт с нерабочей мощностью или показавшие отсутствие пласта; 3 — внутренний контур; 4 — внешний контур; 5 — возможное положение внутреннего и внешнего контуров

показателей. При больших расстояниях между выработками возможно сокращение площади во внутреннем контуре за счет утраты промышленного значения пласта как на локальных участках внутри этого контура, так и на его границах.

Внешний контур, проводимый за пределами разведочных выработок, вскрывших пласт с кондиционными показателями, отражает предположения об естественных границах промышленного распространения пласта путем экстраполяции полученных при разведке данных. Экстраполяция может быть: а) ограниченной, когда контур проводится между выработками, вскрывшими пласт с кондиционными показателями и выработками, вскрывшими пласт с некондиционными показателями или установившими отсутствие пласта, и б) неограниченной, когда за внутренним контуром выработки отсутствуют или находятся на таком значительном расстоянии, что использование данных по ним для построений и выводов необоснованно.

При использовании ограниченной экстраполяции могут иметь место два случая.

В первом случае в законтурной выработке вскрыт пласт с мощностью или с зольностью угля, не отвечающей требованиям кондиций. В этом случае положение контура рабочей мощности определяется из условий закономерно направленной прямолинейной изменчивости соответствующего показателя



(мощности пласта или зольности угля). Точка контура ( $X$ ) определяется графически (рис. 64, а) или по формуле

$$X = \frac{m_{\min} - m_2}{m_1 - m_2} l \quad \text{или} \quad X = \frac{A_{\max}^c - A_2^c}{A_1^c - A_2^c} l,$$

где  $m_1$  ( $A_1^c$ ) — мощность пласта (зольность угля) в выработке  $A$ , пройденной на внутреннем контуре;

$m_2$  ( $A_2^c$ ) — мощность пласта (зольность угля) в законтурной выработке  $B$ ;

$m_{\min}$  ( $A_{\max}^c$ ) — предельные значения нормативов кондиций для подсчета балансовых (забалансовых) запасов;

$l$  — расстояние между выработками  $A$  и  $B$ .

Во втором случае (рис. 64, б) принимают, что нулевой контур проходит на середине расстояния между двумя выработками — вскрывшей пласт ( $A$ ) с кондиционными показателями и показавшей его отсутствие ( $B$ ); точка рабочего контура устанавливается аналитически или графически указанным выше приемом между точкой нулевого контура и выработкой, вскрывшей пласт с рабочим значением.

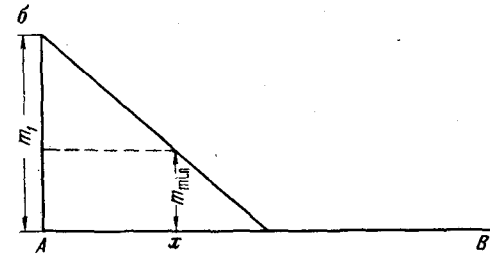
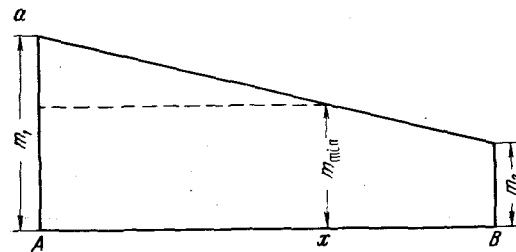


Рис. 64. Определение точки контура рабочей мощности пласта при ограниченной экстраполяции

Для изучения внутренних зон расщепления основных рабочих пластов, их размывов, замещений, локальных участков отсутствия пласта обычно создается высокая плотность сети разведочных выработок, обеспечивающая допустимую погрешность отстройки соответствующих контуров. Детализация внешних контуров на флангах месторождений (участков), которые обычно вовлекаются в отработку в последнюю очередь, доводится до степени, обеспечивающей оценку заключенных в приконтурной полосе запасов по категории  $C_1$ .

При густой сети разведочных выработок, показавших выдержанность морфологии пласта и качества угля, данные единичных выработок с нехарактерными для участка резко повышенными или пониженными (вплоть до утраты

приемом между точкой нулевого контура и выработкой, вскрывшей пласт с рабочим значением.

Аналогично отстраиваются контуры подсчета запасов при наличии локальных участков с отсутствием пласта или с некондиционным значением во внутреннем контуре подсчета запасов.

На угольных месторождениях платформенной группы, содержащих мощные незакономерно выклинивающиеся пласты и залежи, рекомендуется определять внешний контур путем взаимной увязки геологических разрезов и горизонтальных планов с учетом выявленных закономерностей и данных об углах выклинивания или путем построения изолиний мощностей. Но эти графические приемы не всегда имеют должное обоснование характера изменчивости и вследствие этого используются в практике подсчета сравнительно редко.

рабочего значения) показателями нормативных параметров при оконтуривании обычно не учитываются. Эти данные являются обычно следствием локального проявления таких геологических факторов, как мелкие размывы, неровность ложа торфяника, тектонические раздувы и пережимы пласта, послойные перемещения угольных слоев и т. п. Отстройку контуров мелких участков с «промышленным» значением пласта по единичной выработке на площадях, где его запасы отнесены к забалансовым или вообще не подсчитываются, так же, как подсчет забалансовых запасов или исключение из подсчета таких участков на площадях распространения балансовых запасов, производить не рекомендуется. Такое оконтуривание должно базироваться на данных нескольких смежных выработок, по которым получены аналогичные результаты. Для участков распространения пласта, где при густой сети разведочных выработок наблюдается массовое проявление резких перепадов в мощности пластов или зольности угля с утратой рабочего значения пласта по многим, хотя бы и разбросанным, единичным выработкам, необходимо тщательно анализировать причинность полученных расхождений, оконтуривать такие участки и соответственно оценивать промышленное значение приуроченных к ним запасов угля. Интенсивное развитие мелких размывов (см. рис. 46) или мелкоамплитудной тектоники (см. рис. 28) по пласту в целом или на отдельных участках его распространения крайне затрудняет, а иногда делает невозможной отработку запасов.

При редкой сети выработок влияние единичной выработки на прилегающую к ней площадь резко возрастает. Полученные расхождения в данных о промышленной значимости пласта по его мощности или зольности угля определяют необходимость в этом случае отстройки контуров подсчета балансовых и забалансовых запасов и по единичным выработкам. Подсчетная мощность в контуре  $S$ , отстроенном по единичной выработке, ограниченной расположенными по правильной сети скважинами, показавшими отсутствие пласта (рис. 65), определяется по формуле

$$m_{\text{подсч}} = \frac{m_1 + 2m_{\min}}{3}.$$

Неограниченная экстраполяция производится в случаях, когда за крайними положительными выработками разведка не продолжалась или когда отрицательные выработки удалены на очень большое расстояние от

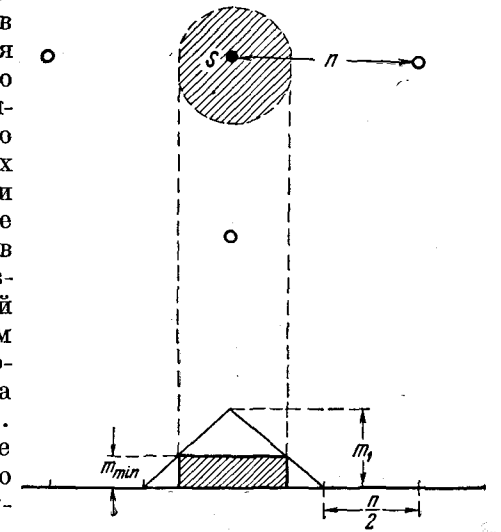


Рис. 65. Определение подсчетной мощности пласта по единичным выработкам, вскрывшим пласт с рабочим значением

вскрывших угольный пласт. Для прогноза распространения угольного пласта и отстройки его промышленного контура используются данные о геологическом строении района и месторождения: распространении угленосных отложений и отдельных свит, фациальной изменчивости состава угленосной толщи, структуре залегания и особенностях тектоники месторождения. Анализируются выявленные на разведанной площади закономерности в изменении морфологии пласта, качества угля, привлекаются материалы разведочной геофизики.

Рекомендуемые в ряде руководств алгебраические способы определения величины неограниченной экстраполяции в практике подсчета запасов углей не применяются. Более часто используются простейшие геометрические приемы, учитывающие выявленные размеры тела полезного ископаемого и общие геологические закономерности его распространения. Внешний контур проводится параллельно внутреннему на расстоянии, равном расстоянию (для выдержанных пластов) или половине среднего расстояния (для относительно выдержанных пластов) между оконтуривающими выработками. В некоторых случаях внешний контур принимается по сторонам треугольника с высотой, равной половине (или четверти) длины, прослеженной по простиранию пласта.

#### § 34. ВЫДЕЛЕНИЕ ПОДСЧЕТНЫХ БЛОКОВ

Основным условием правильности производимых подсчетов разведанных запасов углей является соблюдение принципов подразделения оцениваемых площадей на подсчетные блоки и фигуры. В целях повышения достоверности подсчитанных запасов полезных ископаемых ГКЗ СССР рекомендовано при выделении подсчетных блоков руководствоваться следующими основными положениями.

Подсчетный блок должен быть геологически и технологически однородным и характеризоваться:

одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов, качество минерального сырья и горно-геологические условия его разработки;

однородностью геологического строения или примерно одинаковой степенью его сложности и близкой степенью изменчивости мощности, строения, вещественного состава полезного ископаемого и основных показателей качества и технологических свойств сырья;

выдержанностью условий залегания, определяемой приуроченностью блока к единому структурному элементу месторождения (крылу или замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями и т. п.);

общностью горнотехнических условий разработки.

Блок должен ограничиваться естественными контурами тел полезных ископаемых, линиями, проходящими через разведочные или эксплуатационные выработки, по которым получены необходимые для оценки запасов данные, или линиями интерполяции (экстраполяции), обоснованными геологическими (геофизическими) исследованиями.

По месторождениям с неравномерным распределением полезных компонентов или с резко изменчивой мощностью тел полезных ископаемых запасы в блоке не должны превышать размера годовой добычи предприятия.

Размер и форма блока должны обеспечивать необходимую точность планирования. На подсчетных планах и разрезах стороны блока должны иметь длину не менее 50 мм, следует также избегать выделения блоков излишне вытянутой или остроугольной формы.

Указанные положения относятся в основном к блокировке площадей подсчета балансовых запасов, осуществляемого методом геологических блоков и методом разрезов (сечений). Объединение в единый подсчетный блок всей площади месторождения (участка) при подсчете запасов методом среднеарифметического естественно не удовлетворяет требованиям к однородности геологических, горно-технических и других параметров подсчета. Выделение подсчетных блоков при методе ближайшего района определяется размещением выработок, по данным которых они отстраиваются. Рекомендованные ГКЗ СССР принципы для выделения подсчетных блоков учитываются в этом случае при объединении смежных подсчетных блоков в площади с одинаковой степенью изученности (категорийностью) запасов.

Для блоков, выделяемых при подсчете запасов методами геологических блоков и разрезов (сечений), точность определения усредненных величин подсчетных параметров (мощности пласта, элементов залегания, показателей качества угля) находится в прямой зависимости от числа замеров (анализов) в единичных выработках, вскрывших пласт на площади выделенного блока (фигуры сечения). Поэтому, чем крупнее блок (фигура в сечении) и чем на большее число пересечений опирается вывод средних показателей, тем выше точность подсчета заключенных в блоке (фигуре) запасов. Но это положение должно учитывать ограничения, накладываемые изменчивостью морфологии пластов, качества угля и особенностями тектоники.

Одним из основных параметров, учитываемых при выделении геологического блока, является выдержанность мощности и строения угольного пласта. Как правило, в подсчетный блок должны объединяться площади с близкими значениями мощности пласта и выдержанным строением. Изменчивость морфологии пластов, прежде всего их мощности, при том ограниченном числе частных замеров, какое достигается при разведочной сети, применяемой на угольных месторождениях, может сопровождаться существенными ошибками в усредненных для блока (фигуры) величинах этого параметра и соответственно в подсчете запасов. Так, экспериментальными расчетами, выполненными А. Е. Милявским для ряда шахтопластов Донбасса, установлено, что объединение в геологический блок пластопересечений с различиями в мощности 18% влечет за собой ошибку подсчета запасов для блока в 3% и более.

Но как уже было отмечено (см. § 15), лишь для единичных угольных пластов характерна высокая степень общей выдержанности мощности и строения. Большинство пластов характеризуется чередованием на площади их распространения зон компактного и расщепленного состояний (бассейны переходной группы — Донецкий, Кузнецкий, Печорский, Карагандинский и др.) или повсеместной резкой изменчивостью их морфологии (Подмосковный, Днепровский, Челябинский и многие другие платформенные, а также геосинклинальные бассейны и месторождения).

Блокировка площадей подсчета должна увязываться с масштабностью проявления генетических факторов, определяющих изменчивость морфологии пластов, и с возможным влиянием такой изменчивости на условия отработки.

На шахтных (карьерных) полях, разведываемых на месторождениях и в угленосных районах переходной (и некоторых — платформенной) группы, возможность выделения геологических блоков с несущественными различиями в мощности и строения ограничена угольными пластами, обладающими высокой общей или частной — на значительных площадях их распространения в пределах шахтного (карьерного) поля — выдержанностью морфологии, а также

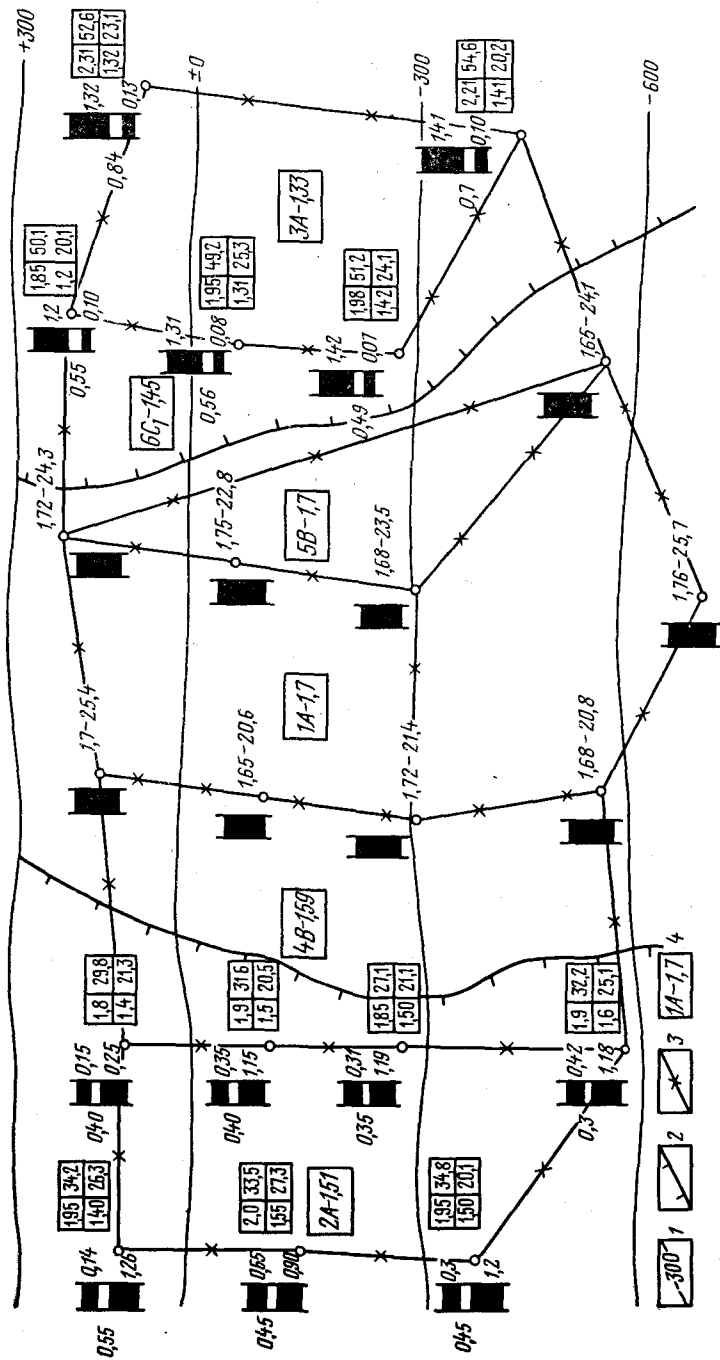


Рис. 66. Фрагмент подсчетного плана расщепленного пласта.

1 — изогонсы пласта; 2 — линии расщепления пласта; 3 — контуры подсчетных блоков; 4 — номер блока, категории запасов, подсчетная мощность по блоку. Цифры у скважин: в числителе — мощность пласта обща, зольность ( $A^c$ ) среднепластовая; в знаменателе — мощность подсчетная, зольность угля материнская

площадями с определенно направленной закономерностью ее изменения. При проявлении зональности в изменении строения пластов, обусловленной их расщеплением и последующим слиянием, выделение геологических блоков следует производить с дифференцированным объединением в них участков компактного и расщепленного состояний и площадей, непосредственно примыкающих к линиям расщепления пласта (рис. 66). При однонаправленном расщеплении пласта на части, приобретающие самостоятельное промышленное значение, блокировка запасов также должна увязываться с распределением площадей компактного строения пласта и его отщепившихся частей и зон, примыкающих к линиям расщепления (рис. 67).

Участки распространения пласта с интенсивным проявлением локальных изменений его морфологии за счет неровностей ложа торфяника, мелких размывов, карстопроявления, воздействия тектонических напряжений и т. п. следует выделять в самостоятельные блоки. Такой подход к блокировке, как и в случаях дифференциации площадей подсчета при проявлении расщепления пластов, позволяет получать обобщенную характеристику горно-геологических условий отработки заключенных в блоке запасов угля.

Блокировка площадей подсчета запасов на месторождениях с пластами, характеризующимися повсеместной значительной изменчивостью мощности и строения, производится, исходя из условия возможности объединения в одном блоке участков с наименьшими перепадами в мощностях пластов по смежным выработкам. Снижение точности подсчета запасов в блоках за счет значительных колебаний частных замеров мощности пласта по объединенным в них выработкам учитывается категорией запасов.

Качество угля оказывает на блокировку подсчетных площадей ограниченное влияние. Изменчивость зольности угля учитывается лишь в тех случаях, когда величина ее по отдельным пластопересечениям превышает или может превысить предел, установленный условиями для подсчета той или другой из промышленных групп (балансовых или забалансовых) запасов. В этих случаях участки с повышенной близкой к предельной зольностью выделяются в отдельные блоки. В самостоятельные блоки выделяются запасы выветрелых (пригодных для использования) и окисленных углей. Границы распространения различных технологических групп и марок неокисленных углей, отстраиваемые, как правило, со значительной долей условности способом прямолинейной интерполяции между смежными выработками, вскрывшими уголь отличной марочной или групповой принадлежности, для оконтуривания блоков не используются. Угли смежных марок и технологических групп могут быть включены в один подсчетный блок с последующим вычислением количества заключенных в нем запасов углей отдельных марок (групп) по дополнительно выделяемым

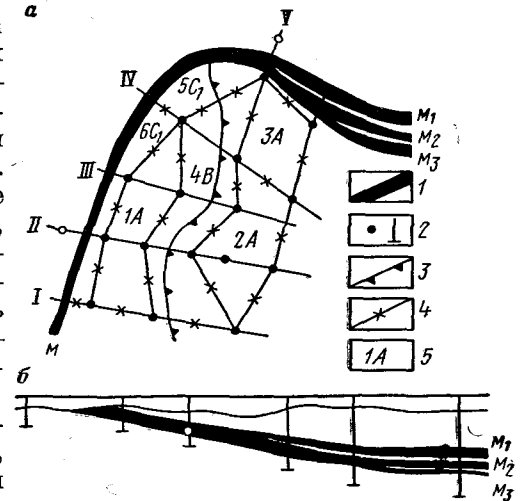


Рис. 67. Выделение блоков при расщеплении пласта:

а — фрагмент подсчетного плана по пласту  $M-M_3$ ; б — разрез по линии II-II. 1 — уголь; 2 — скважины; 3 — линия расщепления пласта; 4 — контуры подсчетных блоков; 5 — номер подсчетного блока и категория запасов

для этой цели подблокам, разграниченным условной линией их распространения.

Рекомендации по учету влияния на блокировку подсчетных площадей тектоники даны применительно к предложенной (см. § 15) тектонической группировке шахтных (карьерных) полей.

Основными критериями для блокировки большей части площадей I группы тектонической сложности являются выдержанность морфологии пласта и качества угля. Но локальные участки с усложненной гипсометрией пластов, а также площади, примыкающие к вскрытым разрывным нарушениям, следует выделять в отдельные блоки.

На шахтах (карьерах) II и III групп тектонической сложности геологические блоки должны быть приурочены к единому определенно выраженному элементу пликативной (крылу, донной или замковой части складки) и разрывной (тектоническому блоку) структуры, характеризующемуся в пределах выделенного блока близкими или закономерно изменяющимися углами падения пласта. Амплитуды колебания углов падения пласта в блоке, по расчетам А. Е. Милаевского, не должны превышать  $25^\circ$ , при условии, чтобы внутри интервала изменения залегания пласта не было угла падения  $45^\circ$ . Если внутри интервала изменения залегания находится угол падения пласта, равный  $45^\circ$ , амплитуда колебаний по отношению к нему не должна превышать  $10^\circ$ .

На шахтных (карьерных) полях II группы тектонической сложности, как правило, возможно выделить крупные с выдержанными или закономерно изменяющимися элементами залегания, ненарушенные или слабо нарушенные разрывами площади (рис. 68), внутри которых определяющее значение для подразделения на блоки, как и для площадей I группы, имеет выдержанность морфологии пласта и качества угля. Мелкоамплитудные послонные подвижки в пласте, не отражающиеся существенно на технологии отработки пласта, при этом не учитываются, но в зонах крупных нарушений, сопровождаемых обычно более мелкой раздробленностью пород, запасы выделяются для подсчета отдельно.

В крупных слабо нарушенных блоках, приуроченных к единому тектоническому элементу, допускается совмещение границы подсчетного блока с изогипсами пласта при наличии выработок, пересекших пласт вблизи этой изогипсы. Изогипса пласта принимается обычно как граница подсчетного блока, выделенного экстраполяцией от фронта горных работ или крайних разведочных выработок.

Неоправданным является использование в качестве границ геологических блоков положения (изогипс) эксплуатационных горизонтов, границ шахтных полей, разведанных с различной степенью детальности участков, условно определенных линий марочного состава углей и т. п. Такое выделение, с одной стороны, нарушает общий принцип оконтуривания площадей с различной степенью разведанности, производимого по граничным выработкам, определяющим внутренние контуры подсчета, а с другой стороны — точность подсчета уменьшается вследствие снижения числа выработок, данные по которым используются при расчете средних для блока показателей. При необходимости установления количества запасов на площадях, заключенных на разрабатываемых и проектируемых к вскрытию эксплуатационных горизонтах, с различным марочным составом углей, в границах участков различного промышленного значения и т. п., они могут быть подсчитаны по подблокам, выделенным внутри обычного оконтуренного выработки блока подсчета (рис. 69). Запасы в таких подблоках вычисляются умножением площадей подблоков на единую

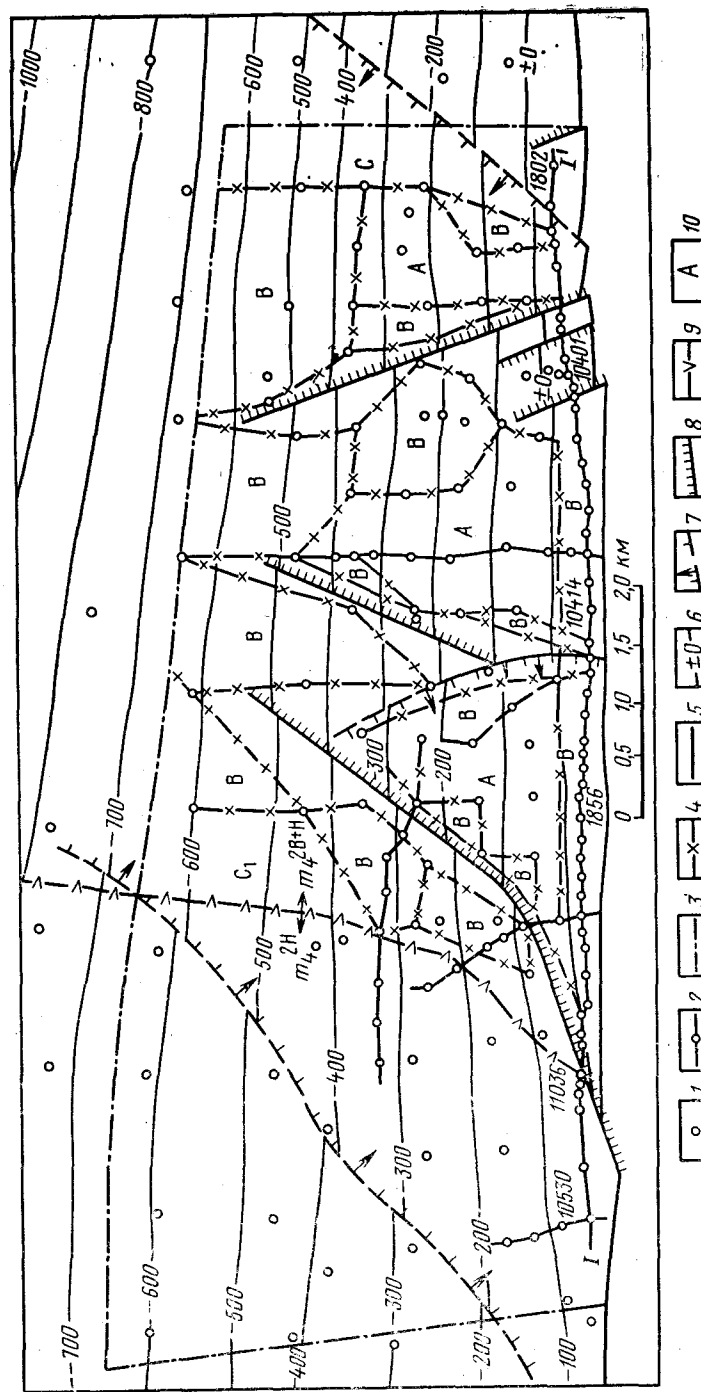


Рис. 68. Блокировка запасов по пласту  $m_4$  на поле шахты Самарская капитальная (Донбасс).

1 — разведочные связи; 2 — опорный профиль; 3 — границы шахтного поля; 4 — границы подсчетных блоков; 5 — выход пласта; 6 — изогипсы пласта; 7 — сбросы; 8 — надрывы; 9 — линия расчленения пласта; 10 — категория запасов

определенную для блока в целом производительность пласта (произведение мощности на объемную массу).

На угленосных площадях III группы тектонической сложности возможность выделения крупных тектонических блоков с выдержанными или закономерно изменяющимися элементами залегания пластов более ограничена. Внутри таких блоков элементы залегания пласта часто обладают изменчивостью, широко распространена мелкоамплитудная нарушенность. Участки, интенсивно пораженные мелкоамплитудной нарушенностью, обычно объединяются в единые блоки, запасы в которых даже при высокой выдержанности пластов подсчитываются

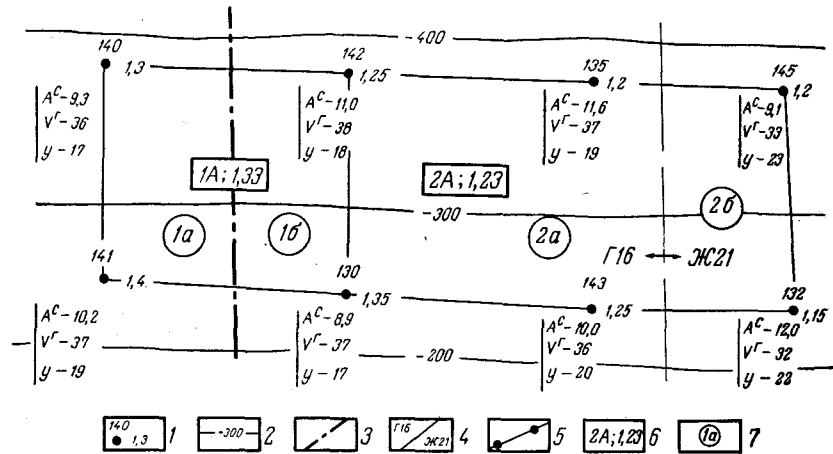


Рис. 69. Фрагмент подсчетного плана с выделением подблоков для участков, ограниченных условными линиями — границы шахтного поля, изолинии марочного состава углей.

1 — скважины, цифры у скважин обозначают: сверху — номер скважины, справа — мощность пласта по скважине; 2 — изолинии пласта; 3 — граница шахтного поля; 4 — граница распространения пласта с различным марочным составом угля; 5 — границы подсчетных блоков; 6 — номер подсчетного блока и средняя для блока подсчетная мощность пласта; 7 — номера подблоков. Внизу у скважин — основные показатели качества угля:  $A^c$  — зольность,  $V^{\Gamma}$  — выход летучих веществ,  $y$  — толщина пластического слоя

ваются обычно по низким категориям. В самостоятельные блоки выделяются площади, прилегающие к крупным разрывным нарушениям, сопровождающимся обычно зонами дробления пород.

На угленосных площадях IV группы тектонической сложности отстройка блоков в зонах, прилегающих к многочисленным разрывным нарушениям, утрачивает смысл. Границы подсчетных блоков совмещаются непосредственно с теми разрывными нарушениями, амплитуды которых определяют раздельную отработку запасов в таких блоках.

Балансовые запасы на площадях, прилегающих к контурам предельных значений нормативов кондиций по мощности пластов или зольности угля, обычно подсчитываются по категориям  $C_1$  и  $C_2$ . Границами подсчетных блоков являются отстроенные методами интерполяции или экстраполяции контуры промышленного распространения пласта и линии, проведенные по выработкам, установившим его рабочее значение. При этом следует избегать неоправданного укрупнения подсчетных блоков. Помимо технических трудностей выполнения подсчета, возникающих при планировании очень больших площадей, это в ряде случаев приводит к неправильному вычислению среднеблоковых мощностей по выработкам со случайными и нехарактерными показателями.

Принципы выделения блоков для подсчета забалансовых запасов аналогичны приведенным выше для подсчета балансовых запасов. Степень разведанности этих запасов, как правило, более низкая; поскольку они рассматриваются в качестве возможных объектов освоения будущего, детальное изучение параметров подсчета и закономерностей их изменчивости обычно не производится. Это обстоятельство позволяет укрупнять блоки, создавая базу для общей принципиальной оценки таких запасов. Но непременным условием блокировки забалансовых запасов является обеспечение возможности их подразделения на подгруппы в зависимости от причин отнесения за баланс: экономических, технологических, гидрогеологических и горнотехнических, с отображением пространственного размещения запасов соответствующих подгрупп.

Блокировка запасов попутных полезных ископаемых, образующих самостоятельные тела, производится согласно методическим указаниям, разработанным для соответствующих видов минерального сырья.

Запасы связанных с углем попутных полезных компонентов подсчитываются в контурах блоков, выделенных для подсчета запасов углей. Самостоятельная блокировка для них не производится.

### § 35. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСОВ ПО КАТЕГОРИЯМ

В категориях, по которым оцениваются запасы того или иного подсчетного блока, обобщаются — достоверность цифр подсчитанных запасов с учетом полноты и представительности использованных данных, обоснованность геологических построений, а также выводов и прогнозов о параметрах формы и внутреннего строения тел полезных ископаемых, их качества и технологии переработки минерального сырья, горнотехнических условиях разработки.

Отнесение запасов различных видов минерального сырья по степени разведанности к той или иной категории производится с учетом специфических черт геологического строения месторождений, характерных для них форм и размеров тел полезных ископаемых, качества сырья и горно-геологических факторов отработки. Требования к изученности месторождений (участков) и необходимые условия для оценки запасов полезных ископаемых по категориям установлены соответствующими инструкциями ГКЗ СССР по применению классификации запасов месторождений твердых полезных ископаемых к месторождениям различных видов минерального сырья.

Для отнесения запасов углей к категории А обязательным является выполнение следующих условий:

а) расположение выработок и расстояния между ними обеспечивают полное выявление условий залегания пласта и не допускают возможности других вариантов структурных построений; при нарушенном залегании положение каждого структурного элемента — крыла складки, тектонического блока, ограниченного нарушениями, должно быть определено однозначно не менее чем тремя выработками, расположенными не по одной прямой линии; общие закономерности в проявлении мелкоамплитудной нарушенности выявлены в степени, позволяющей оценить ее влияние на ход эксплуатационных работ;

б) количество выработок, вскрывших пласт, и расстояния между ними достаточны для достоверного установления синонимии пласта (заледи), определения параметров его формы и строения, степени выдержанности морфологии в пределах выделенного блока подсчета запасов; для мощных пластов сложенного строения, по которым предусмотрена раздельная добыча по отдельным пачкам, расстояния между выработками должны обеспечивать уверенную

параллелизацию выделенных пачек. Средние для подсчетного блока данные о мощности пласта определены по достаточному количеству качественных пласто-пересечений; при использовании для определения мощности, строения и глубины залегания пласта данных бурения обеспечен высокий выход керна по углю и вмещающим пласт породам кровли и почвы, а при использовании данных каротажа соблюдены утвержденные ГКЗ СССР условия использования каротажа при подсчете разведанных запасов углей;

в) качество и технологические свойства углей изучены с детальностью, обеспечивающей выяснение соотношения и пространственного распределения углей, различных по природным свойствам, марочному составу, зольности, сернистости, окисленности и т. п., в мере, достаточной для решения вопроса о целесообразности их раздельной добычи и промышленного использования, а также получения данных о качестве товарной продукции. Для сопутствующих углям полезных компонентов установлена их промышленная ценность, для компонентов, имеющих промышленное значение — технология комплексной переработки на рациональной экономической основе, и составлен баланс распределения полезных компонентов по минералам и продуктам переработки;

г) природные факторы (гидрогеологические, инженерно-геологические и др.), определяющие условия ведения горно-эксплуатационных работ, изучены в объеме, обеспечивающем проектирование эффективного ведения горных работ. Запасы категории А подсчитываются, как правило, в контуре горно-эксплуатационных и разведочных выработок. Расстояния между выработками по пласту в пределах подсчетного геологического блока, приуроченного к определенному структурному элементу (крылу или замку складки, тектоническому блоку, ограниченному нарушениями), обычно принимаются: для выдержанных пластов 500—800 м, для относительно выдержанных 250—400 м. Указанные расстояния являются ориентировочными и могут быть изменены в большую или меньшую сторону с учетом конкретных геологических и горно-геологических особенностей месторождения.

В практике подсчета запасов углей на разрабатываемых месторождениях по выдержанным пластам допускается экстраполяция запасов категории А по падению от фронта горных работ на 100—200 м в плоскости пласта при наличии положительных данных по горным выработкам разрабатываемого горизонта об условиях залегания, выдержанности мощности и строения пласта и основных показателей качества угля. Запасы невыдержанных пластов по категории А не оцениваются.

Категория А предполагает высокую степень изученности горногеологических условий разработки пластов и высокую достоверность принимаемых для подсчета запасов данных. Поэтому при оценке запасов по этой категории следует тщательно рассматривать обоснованность геологических представлений и представительность исходных данных о морфологии пласта, условиях его залегания и качестве угля. В связи с этим целесообразно обратить внимание на наиболее часто встречающиеся в поступающих на рассмотрение ГКЗ СССР материалах методические ошибки при оценке запасов по категории А.

К этой категории необоснованно относятся запасы в блоках, по которым: мощность и строение угольных пластов определены недостаточно достоверно вследствие дефектности данных бурения и каротажа;

мощность пласта близка к пределу кондиционного значения, а на смежных с этими блоками площадях выявлены участки нерабочей мощности пласта;

мощность пласта значительно превышает предел кондиций, но характеризуется очень резкими колебаниями;

на небольшой площади объединены выработки со сходными данными о мощности и строении пласта, в то время как на площадях, окружающих эти блоки, морфология пласта характеризуется невыдержанностью;

не точно и условно отстроены границы зон выветривания и окисления углей, линии расщепления пласта, подразделяющие пласт на части, приобретающие самостоятельное промышленное значение;

объединяются части пласта, разделенные крупными разрывными нарушениями, находящиеся в различных элементах складок и зон флексурных перегибов, с резкими переходами от крутого залегания к пологому и т. п.;

по геологическим представлениям и косвенным признакам (усложнение гипсометрии пластов, резкая изменчивость углов падения, мощностей пластов, повышенная трещиноватость пород и т. п.) или по данным, полученным на площади развития горно-эксплуатационных работ, возможно проявление мелкоамплитудной нарушенности, мелких размывов, генетического выклинивания пласта.

Необоснованное отнесение запасов к категории А имеет также место при недостаточной выясненности гидрогеологических условий, недоизученности вещественного состава углей и отсутствии необходимых специальных технологических исследований.

Для отнесения запасов углей к категории В необходимо выполнение следующих условий:

а) количество выработок, вскрывших пласт, представительность полученных по ним данных и расстояния между выработками обеспечивают достоверное установление синонимии пласта и определение общей степени его выдержанности в пределах выделенного блока подсчета запасов, однако принятые для подсчета запасов замеры мощности пласта и увязка отдельных его пачек вследствие недостаточной плотности разведочной сети или сложности разреза продуктивной толщи и самих пластов подлежат дальнейшему изучению;

б) основные особенности условий залегания пластов выявлены, но детали тектоники требуют уточнения; возможна дополнительная нарушенность, наличие локальных мелких зон размывов, утонения пластов, замещения углей породой;

в) качество и технологические свойства углей изучены в степени, обеспечивающей определение направления рационального промышленного их использования; общая закономерность в распределении углей, различных по природным свойствам и промышленной маркировке, установлена без точного отображения пространственного положения каждого типа и границ марочного состава; при наличии в углях попутных полезных компонентов, имеющих промышленное значение, установлена технология их комплексной переработки;

г) природные факторы, определяющие условия ведения горно-эксплуатационных работ, изучены достаточно полно.

Контур запасов категории В ограничивается скважинами, горными выработками и геофизическими данными.

При надежной параллелизации угольных пластов и выдержанности их морфологии расстояния между выработками для оценки запасов по категории В на площадях, прилегающих к блокам категории А в пределах единых крупных структурных элементов, принимают обычно вдвое увеличенными против расстояний, принятых для оценки запасов этих пластов по категории А. В этом случае допускается экстраполяция оценки запасов по категории В на участки, непосредственно примыкающие к контуру, ограниченному линиями, проведенными через горно-эксплуатационные или разведочные выработки. Размер

экстраполяции для каждого конкретного случая должен быть геологически обоснован имеющимися фактическими материалами. Экстраполяция с переходом на другие структурные элементы, а также в направлении проявления расщепления и выклинивания пластов, ухудшения качества полезного ископаемого и горно-геологических условий не допускается.

На пластах и отдельных их участках со сложной изменчивой морфологией или с дополнительной осложненностью основных структурных форм складчатостью и разрывами более мелких порядков размерность разведочной сети для оценки запасов по категории В принимается аналогичной той, которая рекомендована выше для оценки запасов по категории А. Это положение следует учитывать при оценке запасов месторождений (участков) 2-й группы геологической сложности, выделенной в классификации запасов месторождений твердых полезных ископаемых. Полученная по такой сети и данным по сгущенным опорным профилям геологическая информация должна определенно установить невозможность параллелизации угольных и породных прослоев в сложно построенных пластах (залежах) и меру условности усреднения мощности пластов при резкой изменчивости их морфологии, обеспечить прогноз характера и степени интенсивности проявления нарушенности залегания пластов дополнительной складчатостью и разрывными нарушениями. Разрешающая способность бурения для уточнения параметров подсчета в этих случаях очень низка, и дальнейшее сгущение разведочных выработок становится методически и экономически необоснованным. Если условность в определении усредненных данных о мощности пласта и прогноз возможной дополнительной нарушенности не дает оснований предполагать утрату промышленной значимости подсчитанных на оцениваемой площади запасов, они относятся к категории В. Последующее уточнение геологических деталей производится в процессе эксплуатации путем опережения подготовительными выработками очистных работ и проведением эксплуатационной разведки, увязанной в сроках с планами развития горно-эксплуатационных работ. На разрабатываемых месторождениях для участков пластов, характеризующихся особенно большой частотой проявления мелких размывов, замещений угля породой, мелкоамплитудных нарушений, выявленных горными работами, но не улавливаемых разведочными средствами, следует прогнозировать возможное извлечение запасов по опыту эксплуатации. При соответствующем геологическом обосновании с учетом данных о количествах добытых и списанных запасов угля при подсчете запасов на смежных площадях допускается использование поправочных коэффициентов.

Подсчетные параметры при оценке запасов по категории В должны быть определены с достаточно высокой степенью достоверности. Однако в процессе ведения разведочных работ неизбежны случаи получения непредставительных данных о мощности, строении пластов, качестве угля и других показателях. Неполнота пересечения горной выработкой, остановка ее проходки в зоне выветривания, низкий выход или отсутствие керна в скважине, некачественно проведенный картаж, нарушения в методике отбора проб и производстве анализов и т. п. исключают возможность использования полученных данных при подсчете запасов и вносят элементы условности в полученные геологические представления. В том случае, когда по другим выработкам получен достаточный объем информации для установления закономерностей в изменчивости основных параметров подсчета и расчета их средних значений, а единичные непредставительные данные не дают оснований для суждения о нарушении этих закономерностей и, в частности, об утрате промышленного значения запасов вблизи тех выработок, по которым они были получены, наличием их при

оценке запасов по категории В можно пренебречь. Данные по таким выработкам привлекаются для оконтуривания запасов, а при косвенных геологических обоснованиях их достоверности учитываются и при расчете средних для блоков величин соответствующих показателей.

К категории  $C_1$  относят запасы углей, заключенные в пластах, положение в разрезе, синонимика и пространственное распространение которых определены недостаточно определенно, а также в пластах, данные о мощности и строении которых и степени выдержанности этих параметров нуждаются в уточнении, условия залегания определены в общих чертах, качество угля и направление промышленного использования выяснены предварительно по недостаточному объему исследований или по аналогии с соседними изученными участками, природные факторы, определяющие условия ведения горных работ, установлены в основном методом аналогии с учетом общих геологических данных.

Контур подсчета запасов категории  $C_1$  определяется горными и разведочными выработками, а также методами интерполяции и экстраполяции геологических и геофизических данных.

На месторождениях 1-й и 2-й групп по сложности геологического строения запасы категории  $C_1$  подсчитываются на основании более редкой сети выработок, а также на площадях геологической экстраполяции от запасов блоков, оцененных по категориям А или В. К этой же категории относят запасы на площадях, прилегающих к контурам предельного значения мощности пластов и качества угля, к крупным разрывным нарушениям, в зонах расщепления пластов, на участках с предполагаемым интенсивным развитием мелкой нарушенности залегания пластов, локальных размывов и т. п. Основанием для отнесения к категории  $C_1$  запасов может явиться также непредставительность данных, использование которых при недостаточном объеме качественных материалов приводит к условности и приближенности результатов расчета средних для блока величин основных параметров подсчета.

Категория  $C_1$  является основной при оценке запасов угля на месторождениях со сложным геологическим строением — вследствие невыдержанной морфологии пластов или интенсивной тектонической нарушенности (3-я группа классификации запасов твердых полезных ископаемых). Несмотря на густую сеть разведочных выработок, степень изученности запасов не удовлетворяет здесь условиям для точности их геометризации и подсчета количества запасов, предъявляемым к категориям А и В.

В тех случаях, когда запасы категорий В или  $C_1$  являются основной базой для проектирования горнодобывающего предприятия, вещественный состав, качество углей, технология комплексного извлечения и переработки углей и попутных полезных ископаемых и компонентов, а также основные природные факторы, определяющие эффективность ведения горно-эксплуатационных работ, должны быть изучены в степени, обеспечивающей составление проекта наиболее эффективной отработки и использования минерального сырья.

К категории  $C_2$  относятся запасы углей, заключенные в пластах, представление о синонимике которых, об их мощности, строении, условиях залегания и качестве угля основываются на общих геологических и геофизических данных, подтвержденных вскрытием и опробованием в отдельных точках или по аналогии с примыкающими разведанными площадями.

Запасы категории  $C_2$  подсчитываются:

в пределах геологически благоприятных структур и комплексов горных пород, контуры которых определены по данным геологической съемки или

геофизическими методами. В случаях недостаточности данных для стратиграфической увязки пластов подсчет запасов может производиться по углелотности, т. е. суммарному пласту, определенному на основе сводного стратиграфического разреза продуктивной толщи или вскрытой ее части;

в зонах геологически обоснованной экстраполяции от контуров запасов более высоких категорий; экстраполяция запасов категории  $C_2$  по падению следует ограничивать глубиной технически возможной и экономически целесообразной промышленной разработки.

Степень изученности запасов категории  $C_2$  должна быть достаточной для установления возможной области использования углей, а также экономической целесообразности их отработки и дальнейшей разведки.

В комплексных месторождениях балансовые и забалансовые запасы попутных полезных ископаемых подсчитываются по категориям в соответствии со степенью их изученности. Категорийность запасов сопутствующих углям полезных компонентов определяется степенью разведанности запасов углей, характером распределения попутных компонентов, корреляционной зависимостью их содержания от вещественного состава углей, полнотой изученности их качества, технологии и экономики переработки. Запасы попутных полезных компонентов могут быть отнесены к тем же категориям, что и запасы углей, когда соответствующей детальностью опробования для них доказана одинаковая степень пространственного распределения запасов. При неравномерном распределении попутных компонентов и меньшей детальности опробования степень изученности их снижается. Запасы попутных полезных компонентов в этом случае подсчитываются обычно по категориям  $C_1$  и  $C_2$ , чего при попутном характере их добычи и переработки достаточно для промышленной их оценки.

### § 36. ТЕХНИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ И ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Площади подсчетных блоков (фигур), ограниченные криволинейными контурами, определяются планиметрированием или при помощи прозрачных палеток. Измерения производятся не менее двух раз (при различных положениях полюса планиметра или разной ориентировке палетки относительно контура подсчетного блока) с вычислением среднего из полученных результатов.

Если подсчетный блок имеет форму многоугольника, измерение его площади может производиться геометрическим способом или по координатам угловых точек контура.

При геометрическом способе площади многоугольников подразделяются на простейшие фигуры — треугольники, прямоугольники и трапеции, площади которых определяются по формулам геометрии. При малых размерах фигур способ не обеспечивает необходимой точности подсчета (высота и основание фигуры должны быть не менее 4—5 см) и применяется редко.

Площадь многоугольника  $S$  по координатам угловых точек определяется по формулам

$$2S = \sum (y_{k+1} - y_{k-1}) x_k;$$

$$2S = \sum (x_{k-1} - x_{k+1}) y_k,$$

где  $x, y$  — координаты угловых точек контура;  
 $k - 1, k + 1$  — порядковые номера угловых точек.

Двойное определение площади (по произведению  $x$  на разности  $y$  и произведению  $y$  на разности  $x$ ) преследует цели контроля производимых расчетов. Результаты действий оформляются в виде следующей таблицы:

№ УГЛОВЫХ ТОЧЕК	Координаты угловых точек		Разности координат, м		Произведения, м <sup>2</sup>	
	$\pm y$	$\pm x$	$\pm (y_{k+1} - y_{k-1})$	$\pm (x_{k-1} - x_{k+1})$	$\pm (y_{k+1} - y_{k-1}) x_k$	$\pm (x_{k-1} - x_{k+1}) y_k$
1	0,0	0,0	.	.	0,0	0,0
2	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
	$\sum +$		.	.	.	.
	$\sum -$		.	.	.	.
			0,0	0,0	.	.
					$S = \dots \text{ м}^2$	

Этот способ дает высокую точность определения площадей, но затраты времени на его производство значительно больше, чем при других способах. Развитие вычислительной техники может привести к более широкому его распространению.

Измерение площадей должно обеспечивать точность в 1 м<sup>2</sup> натуре.

При измерении площадей блоков (фигур) наклонно залегающих пластов по проекциям на непараллельные поверхности пласта плоскости производится пересчет их в истинные площади  $S$  по формулам:

при проектировании на горизонтальную плоскость

$$S = S_n \cdot \sec \alpha = \frac{S_n}{\cos \alpha};$$

при проектировании на вертикальную плоскость

$$S = S_n \cdot \operatorname{cosec} \alpha = \frac{S_n}{\sin \alpha},$$

где  $S_n$  — площадь проекции;

$\alpha$  — средний угол падения, определенный для блока (фигуры) по масштабу заложений.

В случаях, когда пласт имеет прямолинейное простираание и выдержанные углы падения, подсчетные планы могут быть оформлены в виде проекций на плоскость, параллельную его залеганию (обычно поверхности почвы). В этом случае нет необходимости перевода величин замеренных площадей проекций в истинные.



При сложной поверхности пласта и резких изменениях углов падения, затрудняющих точное определение среднего угла падения, может быть применен метод изогипс (по В. И. Бауману). На проекции гипсометрического плана пласта на горизонтальную плоскость в границах блока по падению по каждому промежутку между изогипсами через 10—50 м замеряется площадь горизонтальной проекции  $B$  и определяется площадь вертикальной проекции  $C$  — как произведение длины по простиранию на высоту между смежными горизонтами. Величина истинной площади  $S$  определяется по формуле

$$S = \sqrt{B^2 + C^2}.$$

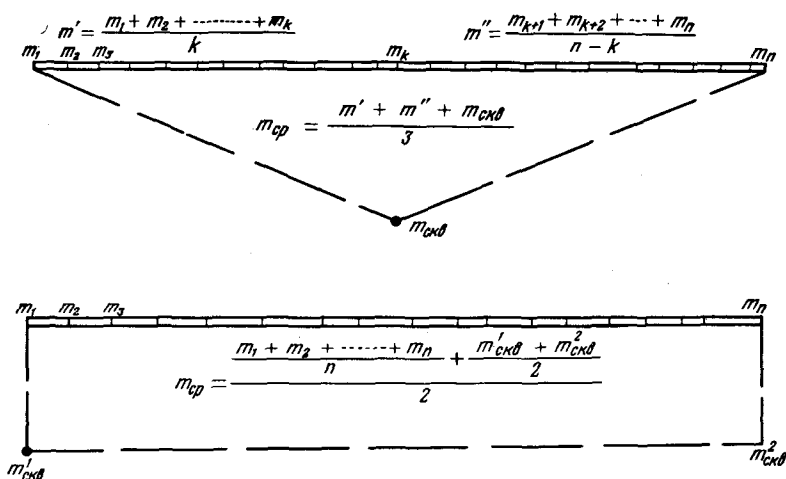


Рис. 70. Расчет средней для блока величины мощности пласта по данным замеров в горных выработках и в единичных скважинах

Мощность пласта для определения объема запасов в подсчетном блоке обычно определяется методом среднего арифметического по формуле

$$m_{cp} = \frac{\sum m}{n},$$

где  $m$  — замеры мощности пласта по выработкам, пройденным на контуре и внутри контура подсчетного блока, м;

$n$  — число точек замеров.

При наборе включаемых в расчет данных следует учитывать пространственное расположение выработок и относительное влияние частных замеров на средние величины. Данные по сближенным точкам замеров (в кустах скважин, по зарисовкам в горных выработках и т. п.), имеющие резкие расхождения с другими единичными замерами, предварительно усредняются (рис. 70), и в расчете среднеблоковых данных используются результаты этого усреднения. Для расчета среднеблоковых величин мощности пласта не используются данные единичных (случайных) замеров, показавших резкое и нехарактерное для блока увеличение мощности пласта. При закономерном изменении мощности пласта в определенном направлении и неравномерном распределении выработок на

площади блока среднюю мощность пласта для блока рекомендуется определять методом средневзвешенного по формуле

$$m_{cp} = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2 + \dots + m_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n},$$

где  $m_1, m_2, \dots, m_n$  — мощности отдельных пересечений в контуре подсчетного блока, м;

$l_1, l_2, \dots, l_n$  — расстояния, на которые распространяется влияние значения мощности пласта, замеренного в соответствующей выработке, м.

При расчете средних мощностей по блокам, запасы которых отнесены к категориям  $C_1$  или  $C_2$  из-за малого количества замеров мощности пласта и больших расстояний между выработками, могут иметь место случаи, когда:

данные о мощности пласта по единичным замерам имеют существенные расхождения;

средняя для блока величина мощности, рассчитанная по единичным для большой площади пересечениям, превышает средние значения мощности по смежным блокам, запасы которых оценены по категориям А или В.

В этих случаях рекомендуется принимать для подсчета запасов низких категорий (распространять на слаборазведанные площади) значения средних величин мощности пласта, рассчитанные для смежных более детально разведанных блоков.

При подсчете запасов низких категорий на площадях, прилегающих к контуру генетического выклинивания пласта, последнее учитывается в расчете среднеблоковых мощностей, соответственно принципам использования при отстройке контура прямолинейной интерполяции или экстраполяции данных. В этих случаях при расчете помимо данных о мощности пласта по выработкам, находящимся на площади блока, дополнительно включаются значения минимальной (контурной) мощности пласта в количестве, равном числу выработок, вскрывших пласт в блоке вблизи контура и использовавшихся для отстройки контура (рис. 71, а). Если на площади выделенных приконтурных блоков выработки отсутствуют, границами их с другой стороны являются линии, проведенные по выработкам при отстройке смежных блоков (рис. 71, б), среднюю мощность пласта по ним рекомендуется принимать как полусумму значений минимальной мощности и мощности, рассчитанной для прилегающего блока.

Согласно действующей классификации запасы полезных ископаемых, в том числе ископаемых углей, подсчитываются и учитываются по наличию их в недрах без вычета потерь при добыче и переработке; состав и свойства полезных ископаемых определяются в их природном состоянии независимо от возможного разубоживания при добыче.

Поэтому при подсчете запасов углей по пластам (залежам) сложного строения в пересечениях, где суммарная мощность угольных и совместно отрабатываемых с ними породных прослоев отвечает требованиям кондиций, и расчете среднеблоковых значений мощности пласта учитывается полезная мощность пласта (части пласта принятой к самостоятельной отработке) по суммарной мощности только угольных пачек (рис. 72). В то же время для планирования объема добычи рядового угля, расчета транспортных средств, мощности шахтного подъема, обогатительных агрегатов и других целей необходимо знать количество запасов условной горной массы с учетом засорения угля породой из внутрипластовых прослоев и присечки кровли или почвы к тонким пластам. Поэтому для пластов сложного строения параллельно с подсчетом запасов

чистого угля производится подсчет запасов условной горной массы. В этом случае в каждом пересечении определяется общая (эксплуатационная) мощность пласта — сумма угольных и совместно обрабатываемых породных прослоев (в необходимых случаях — с учетом присечки пород кровли и почвы пласта). Данные частных замеров общей мощности пласта используются для расчета средних значений по тем же подсчетным блокам.

При подсчете запасов мощных сложнопостроенных угольных залежей методом вертикальных сечений с изменчивым, не поддающимся увязке отдель-

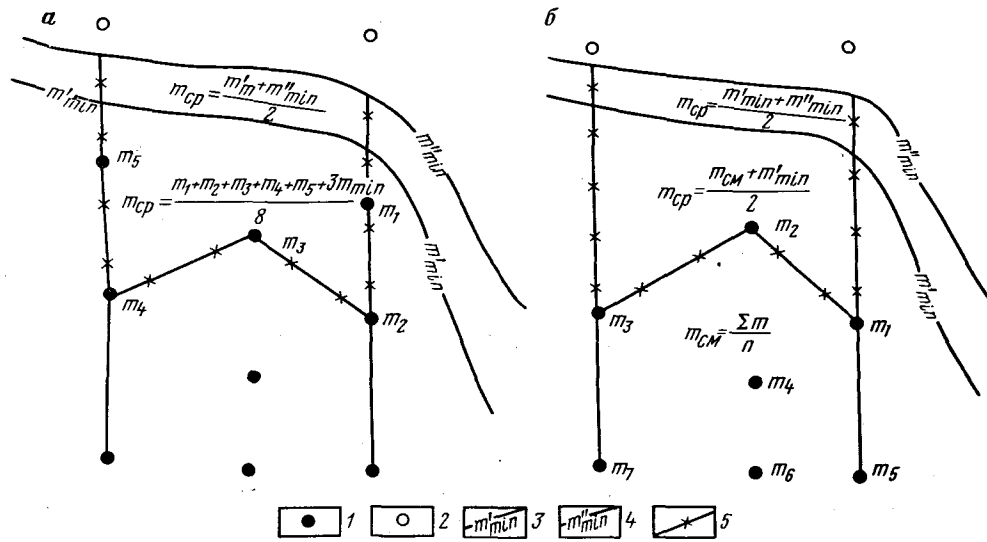


Рис. 71. Расчет среднеблоковых мощностей на площадях, прилегающих к контуру выклинивания:

а — при наличии в приконтурном блоке разведочных выработок; б — при отсутствии выработок. 1 — скважины с рабочей мощностью пласта; 2 — скважины с нерабочей мощностью пласта; контур минимальной мощности для подсчета запасов: 3 — балансовых, 4 — забалансовых, 5 — контур подсчетных блоков

ных слоев строением, при подсчете линейных запасов угля на сечениях используются коэффициенты угленасыщенности. Эти коэффициенты определяются отдельно для каждой подсчетной фигуры по соотношению среднего из пересечений для фигуры значения полезной мощности угля к средней величине общей мощности залежи, из которой исключены выдержанные прослои пород, подлежащие селективной выемке.

Объемная масса угля принимается в соответствии с положениями об определении ее величины, изложенными в § 31. Для подсчета запасов условной горной массы в пластах (залежах) сложного строения рассчитываются соответствующие значения ее объемной массы.

Результаты промежуточных операций и итоговые данные подсчета запасов сводятся в таблицы. Расположение граф в таблицах и самих таблиц должно соответствовать порядку, в котором производится вычислительные операции. Следует избегать дублирования данных, увеличивающего объем таблиц и создающего возможность технических (корректирных) ошибок.

Обязательными являются таблицы:

- 1) вычисления средних значений мощности пласта по подсчетным блокам, фигурам;
- 2) подсчета запасов по блокам и пластам;
- 3) сводных данных результатов подсчета на оцениваемой площади с распределением запасов по шахтным (карьерным) полям и разведанным участкам, марочному составу углей.

В качестве примера для оформления результатов подсчета запасов наиболее распространенным методом геологических блоков рекомендуются следующие формы изложения результатов вычислительных операций.

Расчет средних значений мощности пластов для подсчетных блоков (табл. 28) производится в последовательности стратиграфического залегания пластов (сверху вниз). Для пластов сложного строения рассчитываются средние величины общей и полезной мощности, простого строения — только полезной мощности. В случаях, когда условиями предусмотрено установление рабочего значения тонких пластов простого строения с учетом присечки боковых пород, мощность пласта с присечкой отражается в графах 3 и 5 этой таблицы. Для блоков, примыкающих к контурам генетического выклинивания, в графе 2 указывается количество точек с минимальной мощностью пласта, учтенных при расчете среднеблоковой мощности.

Подсчет запасов угля в блоках (табл. 29) производится для каждого пласта в последовательности, определенной их залеганием. Запасы горной массы (графа 13) по пластам простого строения (без присечки боковых пород) тождественны подсчитанным по ним запасам чистого угля (графа 14).

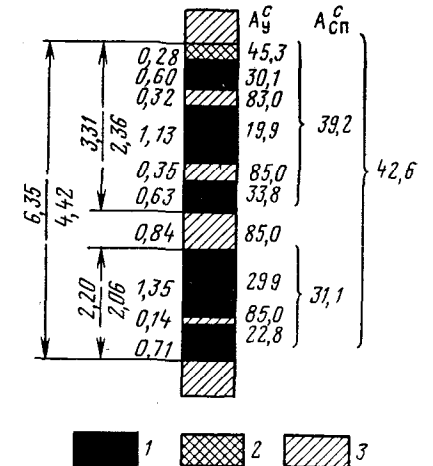


Рис. 72. Пласт сложного строения, разрабатываемый двумя слоями.

1 — уголь с кондиционной зольностью; 2 — уголь высокозольный (с  $A^c$  выше предела, установленного кондициями); 3 — аргиллит. Слева — мощность пласта верхней и нижней частей: в числителе — общая в знаменателе — полезная, у колонки — мощность угольных и породных слоев; справа — зольность,  $A^c$  — угля;  $A^{c_{сп}}$  — среднепластовая (для частей пласта и пласта в целом)

Таблица 28  
Расчет средних значений мощности пластов для подсчетных блоков

№ подсчетных блоков	№ выработок и точек замеров, данные по которым приняты для расчета средней мощности по блоку	Истинная мощность пласта, м		Средняя для блока мощность пласта, м	
		общая	полезная	общая	полезная
1	2	3	4	5	6

Подсчет запасов по блокам и пластам

№ подсчетных блоков	Категория и группа (балансы или забалансовые) запасов	Площадь блока по проекции, тыс. м <sup>2</sup>	Угол падения, градус	Секанс угла падения	Истинная площадь блока, тыс. м <sup>2</sup>	Мощность пласта (м), м		Объемная масса $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>		Производительность пласта $m \cdot \gamma$ , т/м <sup>2</sup>		Запасы, тыс. т	
						общая	полезная	горной массы	угля	по горной массе	по углю	горной массы	угля
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Запасы угля

Индекс пласта	Марка, технологическая группа угля	Балансовые запасы по категориям, тыс. т			Забалансовые запасы по категориям, тыс. т					
		A	B	A+B+C <sub>1</sub>	A	B	C <sub>2</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Сводные результаты подсчета запасов угля (по пластам, участкам, марочному составу) оформляются согласно табл. 30. В том случае, когда границы шахтных (карьерных) полей, разведочных участков, охранных целиков не совпадают с границами подсчетных блоков, производятся дополнительные расчеты. В подсчетных блоках, разделенных этими границами на подблоки, производится измерение площадей подблоков; запасы последних определяются произведением площадей на производительность пласта, рассчитанную для данного блока. Аналогичным способом определяются запасы углей различных марок и технологических групп в блоках, по которым проходят условные граничные линии распространения углей различного качества (см. рис. 76). Результаты указанных дополнительных расчетов учитываются в сводных данных о результатах подсчета запасов.

Для участков, разведанных в качестве объектов строительства новых шахт (разрезов), а также для полей действующих шахт (разрезов), намечаемых к реконструкции, отдельно выделяются запасы на площадях, намеченных к первоначальному освоению.

По аналогичной форме оформляются результаты подсчета горной массы с включением в них запасов угля в пластах простого строения, подсчитанных без учета присечки боковых пород.

На разрабатываемых месторождениях запасы вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горнодобывающих предприятий учитываются по принятой в маркшейдерском учете номенклатуре и по категориям в соответствии со степенью их изученности. При представлении подсчета запасов по таким месторождениям на рассмотрение ГКЗ СССР (ТКЗ) к отчету прилагается справка геолого-маркшейдерской службы соответствующего горнодобывающего предприятия о количестве запасов (по группам учета и категориям) до состоянию на дату подсчета запасов. Контуры подсчитанных геолого-маркшейдерской службой запасов наносятся на подсчетные планы.

В объяснительной записке к подсчету запасов (соответствующем разделе геологического отчета) должны быть освещены следующие положения.

Общие границы подсчета запасов, границы участков, предназначенных для различного способа отработки (открытого, подземного), участков с различной степенью разведанности. Технические границы действующих, строящихся, проектируемых шахт, согласованность их с заинтересованными (проектными, эксплуатационными) организациями.

Кондиции, установленные для подсчета запасов, их соответствие геологическим особенностям месторождения. Дополнительные требования и предложения заинтересованных организаций по производству подсчетов запасов, частичному изменению кондиций, выполнение этих требований и предложений.

Принципы, положенные в основу выбора данных о мощности и строении угольных пластов при расхождении их по бурению, каротажу и горным выработкам. Перечень пластопересечений, данные по которым не использованы при подсчете запасов в силу дефектности, резкого отличия от средних для пласта показателей и т. п. и обоснование их выбраковки.

Величины объемной массы углей и горной массы, использованные при подсчете запасов, методика их определения и вычисления усредненных для пластов величин. Каким значениям зольности и влажности углей соответствуют принятые величины.

Метод подсчета запасов, обоснование выбора его геологическими особенностями месторождения. Принципы, положенные в основу подразделения

площадей на блоки подсчета, выделения запасов различной степени изученности (по категориям). Принципы выделения участков с углями различного марочного состава, различных технологических групп, окисленного и негодного угля, участков, содержащих запасы углей, соответствующих требованиям кондиций, но переводимых в забалансовые или исключаемых из подсчета по горно-геологическим, технико-экономическим или другим соображениям.

Способы измерения площадей подсчета, определения средних (для блоков) углов падения, вычисления средних (для блоков) мощностей, учета поправок на контуры минимальной мощности, мощностей пластов, резко отличных от средних для блока величин.

Результаты подсчета запасов углей — общих по месторождению и с распределением по пластам, маркам, технологическим группам, выделенным полям шахт, разрезов, участков.

Для разрабатываемых месторождений (участков) — количество запасов углей в контурах горно-эксплуатационных работ с подразделением их по группам маркшейдерского учета, категориям и промышленному значению (по справке геолого-маркшейдерской службы соответствующих горных предприятий). Запасы горной массы, соответствующие подсчитанным запасам углей.

Сопоставление ранее утвержденных ГКЗ СССР, ВКЗ, ТКЗ и вновь подсчитанных (на сопоставимой площади) балансовых запасов углей, объяснение причин изменения в их количестве и по категориям для отдельных пластов.

При наличии на разведанной площади в углях, во вмещающих или перекрывающих их породах других полезных ископаемых (строительных материалов, огнеупорных глин, бокситов, железных руд, редких и рассеянных элементов) — кондиции и результаты подсчета запасов этих полезных ископаемых.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Антрациты 58, 71, 87, 96

Битумы 86

Блоки подсчетные 226

Брикетирование 73

Бурые угли 58, 70, 87

Витрен 56

Влага рабочая 73

Восстановленность углей 55, 85

Выбросы внезапные 49

Выдержанность угольных пластов 107

Выход летучих веществ 61, 74

Газификация углей 96

Газоносность 47, 197

Геотермия 50

Геофизические методы разведки 143

Горные удары 47

Группировка месторождений 119

— шахтных полей (тектоническая)  
116

Гуминовые кислоты 86

Детальная разведка 123, 139, 165

Динамометаморфизм 59

Доразведка 175

Дюрен 56

Запасы балансовые 99

— геологические 100

— забалансовые 99, 132

— прогнозные 98

— промышленные 100

— разведанные 98

Зольность 74

Индексы спекаемости углей 84

Каменные угли 58, 71, 87

Каротаж 147

Категории запасов 99, 233

Классификации углей 87

Кларен 56

Кондиции на минеральное сырье 124

Коксование углей 93

Коксуемость углей 86

Комплексность разведочных работ 141,  
158, 190

Липтобиолиты 55

Литотипы углей 56

Марочный состав углей 86

Метаморфизм углей контактовый 59

— — региональный 59

— — термальный 59

Микрокомпоненты углей 54

Обогащение углей 77  
 Обработка проб 183  
 Объемная масса 68, 213  
 Окисление углей 65  
 Оконтуривание 222  
 Опорные профили 161, 166  
 Отбор проб 178  
 Отражательная способность 62  
  
 Пневмокоизоопасность 50  
 Подготовительная разведка 174  
 Подсчет запасов методом ближайшего района 205  
 — — геологических блоков 204  
 — — геолого-статистическим 203  
 — — — изолиний 208  
 — — — разрезов 205  
 — — — среднего арифметического 204  
 Поисковые работы 122, 138, 153  
 Полукоксование 95  
 Попутные полезные ископаемые 141  
 Предварительная разведка 123, 138, 159

Самовозгорание углей 50, 200  
 Сапропелиты 71  
 Спекаемость углей 82  
 Стадии разведки 122

Теплота сгорания 81

Угленосности коэффициент 104  
 Угленосные формации 11  
 Угольное месторождение 21  
 Угольный бассейн 19

Фюзен 57

Эксплуатационная разведка 176

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белоусов В. В. Общая геотектоника. М., Госгеоллиздат, 1948. 578 с. с ил.  
 Быбочкин А. М. Основные требования к комплексному изучению и учету полезных ископаемых. — «Разведка и охрана недр», 1973, № 10, с. 18—24.  
 Быбочкин А. М. Влияние качества геологоразведочных работ на эффективность общественного производства. — «Разведка и охрана недр», 1975, № 7, с. 1—5.  
 Васильев П. В. Методы геологических наблюдений и исследований в угольных шахтах. М., Углетехиздат, 1951. 324 с. с ил.  
 Васильев С. П. Шахтная геология угольных месторождений. М. Углетехиздат, 1955. 208 с. с ил.  
 Веселовский В. С. Испытание горючих ископаемых. Изд. 2-е. М., Госгеолтехиздат, 1963. 411 с. с ил.  
 Волков В. Н. Генетические основы морфологии угольных пластов. М., «Недра», 1973. 124 с. с ил.  
 Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Т. 1—12, М., «Недра», 1962—1976.  
 Горский И. И. Угленосные провинции СССР. — В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. М., 1960, с. 175—188.  
 Гречухин В. В. Геофизические методы исследования угольных скважин. М., «Недра», 1970. 536 с. с ил.  
 Добронравов В. Ф. Графический способ расчета средневзвешенной зольности по данным дифференциального опробования угольных пластов. — «Разведка и охрана недр», 1970, № 6, с. 48—49.  
 Еремин И. В., Супруненко О. И., Зинченко Е. М. К вопросу о взаимозаменяемости углей различных бассейнов в коксовых шахтах. — «Кокс и химия», 1975, № 5, с. 36—40.  
 Железнова Н. Г., Матвеев А. К. Мировые запасы угля. — «Советская геология», 1973, № 1, с. 76—85.  
 Жемчужников Ю. А. Общая геология каустобиолитов. М., Углетехиздат, 1948. 491 с. с ил.  
 Иванов Г. А. Угленосные формации. Л., «Наука», 1967. 407 с. с ил.  
 Изаксон С. С. Методика подсчета запасов угольных месторождений. М., Госгортехиздат, 1960. 366 с. с ил.  
 Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых. М., «Недра», 1969. 398 с. с ил. Авт.: В. Д. Бабушкин, Д. Н. Пересунько, С. П. Прохоров и др.  
 Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям углей и горючих сланцев. М., «Недра», 1968. 43 с.  
 Инструкция о содержании и порядке представления на утверждение ГКЗ СССР технико-экономических обоснований кондиций для подсчета запасов полезных ископаемых. М., «Недра», 1975. 30 с.

К л е р В. Р. Таблицы и номограммы для расчетов при обработке материалов разведки месторождений угля. М., «Недра», 1973. 100 с. с ил.

К л е р В. Р. Изучение и оценка качества углей при геологоразведочных работах. М., «Недра», 1975. 319 с. с ил.

К р а в ц о в А. И. Геологические условия газоносности угольных, рудных и нерудных месторождений полезных ископаемых. М., «Недра», 1968. 325 с. с ил.

К р а ш е н н и к о в Г. Ф. Условия накопления угленосных формаций СССР. М., изд-во МГУ, 1956. 286 с. с ил.

К р е й т е р В. М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолгиздат, изд. 1-е, 1940, с. 790 с ил. Госгеолтехиздат, изд. 2-е, т. 1. 1960. 339 с. с ил. т. 2. 1961. 390 с. с ил.

Л и д и н Г. Д. Газовый баланс шахт — прогноз их газообильности и способы управления газовыделением. — «Горное дело», 1959, т. 6, с. 19—61.

М а т в е е в А. К. Геология угольных бассейнов и месторождений СССР. М., Госгортехиздат, 1960. 495 с. с ил.

М е т о д и к а разведки угольных месторождений Донецкого бассейна. М., «Недра», 1972. 339 с. с ил.

М е т а м о р ф и з м углей и эпигенез вмещающих пород. М. «Недра», 1975. 256 с. с ил.

М и р о н о в К. В. Поиски и разведка угольных месторождений. М., «Недра», 1966. 303 с. с ил.

М и р о н о в К. В. Геологические основы разведки угольных месторождений. М., «Недра», 1973. 311 с. с ил.

О г а р к о в В. С. Методика разведки угольных месторождений платформенного типа. М., Госгеолтехиздат, 1961. 97 с. с ил.

О л ы к а й н е н А. М. Влияние зольности и метаморфизма на величину объемного веса углей (на примере пластов Интинского месторождения). — «Изв. вузов. Геология и разведка», 1972, № 9, с. 77—83.

О м е л ь я н о в и ч В. М. Шахтная геология угольных месторождений. М., «Недра», 1966. 219 с. с ил.

О с н о в н ы е направления и нормы технологического проектирования угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик. Минуглепром СССР, 1973. 117 с.

П о д с ч е т запасов месторождений полезных ископаемых. М. Госгеолтехиздат, 1960. 688 с. с ил. Авт.: В. И. Смирнов, А. П. Прокофьев, В. М. Борзунов и др.

П о и с к и и разведка месторождений полезных ископаемых. М. «Недра», 1968. 460 с. с ил. Авт.: Е. О. Погребницкий, Н. В. Иванов, А. В. Скропышев и др.

П о п о в а Н. А. Определение пластовой зольности угля по графикам. — «Разведка и охрана недр», 1961, № 6, с. 40—41.

П у щ а р о в с к и й Ю. М. Краевые прогибы, их тектоническое строение и развитие. — «Труды ГИН АН СССР», 1959, вып. 28, с. 5—146.

С б о р н и к руководящих материалов по охране недр. М., «Недра», 1973. 326 с.

С п е р а н с к и й М. А. Геофизические методы поисков и разведки угольных месторождений. — Энци. сб. «Горное дело», 1957. т. 2. с. 82—92.

С т е п а н о в П. И. Некоторые закономерности стратиграфического и палеогеографического распространения геологических запасов углей на земном шаре. — «Труды XVII сес. Междунар. геол. конгр. в Москве в 1937», 1939, т. I, с. 279—300.

С т е п а н о в Ю. В. Метод точечного грунтоносного опробования угольных пластов при геологоразведочных работах. — «Разведка и охрана недр», 1963, № 3, с. 19—24.

С ы р о в а т к о М. В. Гидрогеология и инженерная геология при освоении угольных месторождений. М. Госгортехиздат, 1960. 499 с. с ил.

Т в е р д о х л е б о в В. Ф., П о н о м а р е в А. Н. О совершенствовании геологической базы прогнозов тектоники на угольных месторождениях. — «Уголь», 1974, № 7, с. 57—61.

Т р о ф и м о в С. Ф. Методические пути снижения стоимости геологоразведочных работ на уголь и повышения их эффективности. «Советская геология», 1975, № 9, с. 91—97.

У с о в М. А. Структурная геология. М., Госгеолгиздат, 1940, с. 127 с ил.

Х е р а с к о в Н. П. Тектоника и формации. М., «Наука», 1967, с. 400.

Э н е р г е т и ч е с к о е топливо СССР, М. «Энергия», 1968, 111 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .		3
<b>Глава I. Общие сведения по геологии угольных месторождений . . . . .</b>		<b>5</b>
§ 1. Закономерности пространственного проявления угленосности . . . . .		5
§ 2. Состав и строение угленосных формаций и их угленосность . . . . .		11
§ 3. Угольные бассейны и месторождения . . . . .		19
§ 4. Морфология угольных пластов . . . . .		28
§ 5. Тектоника угольных месторождений . . . . .		34
§ 6. Горно-геологические особенности угольных месторождений . . . . .		43
<b>Глава II. Состав и свойства углей . . . . .</b>		<b>54</b>
§ 7. Вещественный состав углей . . . . .		54
§ 8. Метаморфизм углей . . . . .		58
§ 9. Окисление углей . . . . .		65
§ 10. Физические свойства и химический состав углей . . . . .		66
§ 11. Основные показатели качества углей . . . . .		71
§ 12. Промышленное использование углей . . . . .		92
<b>Глава III. Основные принципы геолого-промышленной оценки угольных месторождений . . . . .</b>		<b>98</b>
§ 13. Запасы полезных ископаемых . . . . .		98
§ 14. Основные параметры угольных шахт и разрезов . . . . .		101
§ 15. Основные геологические факторы, определяющие горно-геологические условия разработки . . . . .		105
§ 16. Подготовленность месторождения (участка) для промышленного освоения . . . . .		119
§ 17. Геологическое и технико-экономическое обоснование производства геологоразведочных работ . . . . .		122
§ 18. Кондиции на минеральное сырье . . . . .		124
<b>Глава IV. Изучение геологического строения месторождений . . . . .</b>		<b>134</b>
§ 19. Общие задачи и принципы геологического изучения месторождений . . . . .		134
§ 20. Технические средства разведки . . . . .		143
§ 21. Поисковые работы . . . . .		153
§ 22. Предварительная разведка . . . . .		159
§ 23. Детальная разведка . . . . .		165
§ 24. Геологоразведочные работы, осуществляемые в процессе освоения месторождения . . . . .		173
<b>Глава V. Изучение качества угля . . . . .</b>		<b>178</b>
§ 25. Опробование . . . . .		178
§ 26. Изучение качества угля на различных стадиях разведки . . . . .		186

<b>Глава VI. Изучение горно-геологических условий . . . . .</b>	<b>191</b>
§ 27. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия . . . . .	191
§ 28. Газоносность и прочие горно-геологические условия . . . . .	197
<b>Глава VII. Подсчет запасов . . . . .</b>	<b>202</b>
§ 29. Общие положения . . . . .	202
§ 30. Методы подсчета запасов . . . . .	203
§ 31. Подготовка исходных данных . . . . .	209
§ 32. Графическая основа подсчета запасов . . . . .	215
§ 33. Основные принципы оконтуривания . . . . .	222
§ 34. Выделение подсчетных блоков . . . . .	226
§ 35. Распределение запасов по категориям . . . . .	233
§ 36. Технические операции и оформление результатов подсчета запасов . . . . .	238
<b>Предметный указатель . . . . .</b>	<b>247</b>
<b>Список литературы . . . . .</b>	<b>249</b>