

**О МЕТОДАХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ БУРОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
СИБИРИ**

Ф. П. НИФАНТОВ, В. Н. ПУЛЯЕВ

(Представлена научным семинаром кафедры гидрогеологии и инженерной геологии)

**Задачи и этапы исследований**

Сибирь богата бурыми углями. Лишь в Канско-Ачинском бассейне открыто и разведано более десяти крупных месторождений с мощными пластами бурого угля. Простое геологическое строение и слабая литификация вмещающих пород определяют широкое развитие открытого способа разработки углей карьерами производительностью до 30—50 млн. т. в год. Столь крупные карьеры прежде всего проектируются заложить на Березовском, Итатском, Абанском и Назаровском месторождениях, где в последние годы кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии Томского политехнического института выполняются исследования по выяснению инженерно-геологических условий, одновременно разрабатывается методика этих исследований и прогнозирования устойчивости пород в бортах карьеров [1—9].

В процессе работ мы пришли к убеждению, что инженерно-геологические исследования месторождений рационально начинать на стадии предварительной разведки и продолжать, включая период работы карьеров. В связи с этим общий цикл исследований можно разделить на четыре стадии: инженерно-геологические работы на стадии предварительной разведки; то же на стадии детальной разведки; исследования в период составления технического проекта и рабочих чертежей; исследования и наблюдения при строительстве и эксплуатации карьеров.

На первом этапе инженерно-геологические работы проводятся в комплексе с разведкой и должны выполняться, главным образом, геологическими партиями и экспедициями. В этом случае одновременно с выяснением геологического строения, подсчетом запасов и оценкой качества полезного ископаемого исследуются условия вскрытия месторождения с целью получения материалов, необходимых для составления проекта полного освоения и районирования месторождения. Намечаются наиболее благоприятные участки для постановки детальной разведки, детальных инженерно-геологических исследований и первоочередной разработки. Одновременно указываются площади для строительства города, заводов, тепловых станций, дорог, и рекомендуются источники водоснабжения.

На стадии детальной разведки выясняются инженерно-геологические условия строительства первых карьеров и проводится оценка устойчивости пород, которые окажутся в сферах действия данных карьеров. С этой целью всесторонне и детально исследуются геологи-

ческое строение, водоносность и свойства пород участков, выбранных для заложения карьеров. Окончательно разрабатывается инженерно-геологическая классификация пород, устанавливается их изменчивость, определяются обобщенные показатели и производится предварительная оценка общей устойчивости.

На стадии проектирования карьеров выясняется и оценивается устойчивость бортов, уступов, внешних и внутренних отвалов и решаются другие вопросы. Исследования на этой стадии проводятся проектными организациями по специальным программам с учетом принятого метода вскрытия пластов и сложности участка.

В период работы карьеров, главным образом, ведутся стационарные наблюдения за водопритоками, дренажем подземных вод и степенью разупрочнения пород в сфере действия каждого карьера. Следует считать, что все общие вопросы по прогнозированию инженерно-геологических условий вскрытия месторождений должны решаться на первых двух стадиях разведки.

### Методы исследований

В зависимости от задач стадии разведки, размеров и сложности месторождений исследования проводятся с разной детальностью и включают: инженерно-геологическую съемку, инженерно-геологическое опробование пород по опорным разведочным выработкам, лабораторные работы, стационарные наблюдения за режимом водоносных горизонтов и развитием современных физико-геологических явлений.

Инженерно-геологическая съемка обычно проводится на стадии предварительной разведки на площади в 1,5—2 раза большей размеров месторождения. Во время этих работ выполняется геологическое, гидрогеологическое и инженерно-геологическое картирование в масштабах 1:25 000 или 1:50 000. Особое внимание уделяется изучению структуры месторождения, литологии и водоносности пород, форм рельефа и физико-геологических явлений. При описании рельефа выделяются геоморфологические элементы исследуемой территории и выясняется связь современных форм рельефа с процессами эрозии и аккумуляции, с зонами выгорания угля, обрушением пород и другими факторами. Одновременно определяется крутизна склонов, в том числе за пределами месторождения. Особенно детально обследуются действующие карьеры, где выясняют способ разработки, высоту и наклон откосов и уступов, поведение пород в рабочих и нерабочих бортах, влияние воды на устойчивость пород и т. д.

Прочность отдельных типов пород в процессе съемки оценивается микропенетрацией, путем описания состава и свойств. На участках наиболее неустойчивых склонов и бортов карьеров отбирают монолиты и определяют основные свойства пород.

Опробование горных пород производится, главным образом, по инженерно-геологическим скважинам, совмещенным с разведочными. Частота, глубина и диаметр выработок зависят от этапа, целей исследований и сложности месторождения. Расстояние между опорными инженерно-геологическими разрезами на стадии предварительной разведки для крупных месторождений принимается нами не более 2—3 км, с тем, чтобы два или три разреза оказались в пределах каждого намечаемого карьерного поля.

На стадии детальной разведки расстояние между опорными разрезами принималось 1—2 км, и скважины по разрезу закладываются через 0,3—0,4 км.

Скважины бурятся диаметром не менее 80—90 мм с промывкой

глинистым раствором. Буровые станки снабжаются аппаратурой типа ИРБ-5, с целью замера скорости проходки, давления на забой, что позволяет оценивать прочность пород. Кроме этого, проводится детальное опробование свойств пород и водоносных горизонтов с применением микропенетрации, каротажа, наблюдений за выходом керна и за потерей промывочной жидкости. Такое детальное опробование наряду со съемкой позволяет быстро и без больших затрат выяснять общие инженерно-геологические условия вскрытия месторождений.

По данным описаний буримости и микропенетрации непосредственно в поле выделяются инженерно-геологические виды пород, что позволяет уменьшать количество отбираемых монолитов. Микропенетрация ведется простыми ручными микропенетрометрами [8], и сцепление полускальных пород в этом случае рассчитывается по формуле

$$C = 9,81g R_m - 2,62,$$

где  $C$  — сцепление пород,  $t/m^2$ ;

$R_m$  — удельное сопротивление микропенетрации,  $t/m^2$ .

Радиоактивный и электрический каротаж проводится во всех инженерно-геологических скважинах. По полученным кривым достаточно хорошо выясняется плотность пород, вычисляемая по формуле:

$$\Delta = 2,52 - 1,3 \frac{I_{\gamma\gamma}}{I_{0\gamma\gamma}},$$

где  $I_{\gamma\gamma}$  — интенсивность рассеянного гама-излучения;

$I_{0\gamma\gamma}$  — интенсивность натурального фона.

Данные микропенетрации и геофизических наблюдений проверяются путем исследования свойств пород в полевой и стационарной инженерно-геологических лабораториях, для чего из керна через 5—8 м отбираются монолиты характерных пород. Установлено, что 50—60% лабораторных определений следует проводить в полевых лабораториях, где определяют объемный вес, влажность, размокание, сопротивление микропенетрации и для слабых пород — сопротивление сдвигу.

В стационарных лабораториях наряду с перечисленными характеристиками определяются удельный вес, временное сопротивление раздавливанию и разрыву, состав, набухание и микроструктура каждого инженерно-геологического вида. Здесь наибольшее внимание уделяется исследованию сопротивления сдвигу, особенно слабых пород. Учитывая условия, в которых окажется та или иная порода в бортах намечаемых карьеров, испытания на сдвиг по каждому монолиту проводятся при соответствующих нагрузках и влажностях. Сдвиги направляются по плоскости наложения, по нормальным или ослабленным микростроениям, с учетом развития предполагаемых поверхностей скольжения. Большое внимание уделяется также предварительному исследованию нарушенных пород, что необходимо для расчета устойчивости отвалов. Временное сопротивление раздавливанию пород выясняется по тем же монолитам с применением методики, разработанной в институте имени А. А. Скочинского. Такого характера исследования свойств пород следует выполнять по всем месторождениям твердых полезных ископаемых, находящихся в стадии предварительной и детальной разведки.

### Обработка материалов

Материалы исследований, полученные на первых двух стадиях, обрабатываются по следующему плану:

1. Анализируются и обрабатываются данные по общим инженерно-геологическим условиям (рельефу, климату, гидрографии, геологии, гидрогеологии и современным геодинамическим процессам). Состав-

ляются необходимые рисунки, таблицы, графики, разрезы, карты. Вырабатываются основные положения о развитии и влиянии каждого фактора на разработку месторождения.

2. Составляется инженерно-геологическая классификация пород месторождения. В соответствии с ней производится описание свойств пород по каждому инженерно-геологическому виду одновременно, с применением одного из методов статистики; определяются обобщенные показатели [6].

3. Составляются инженерно-геологические разрезы и инженерно-геологическая карта, позволяющая провести районирование месторождения по инженерно-геологическим условиям разработки. В результате, с учетом геолого-экономических данных, выделяются наиболее благоприятные участки для строительства первых карьеров.

4. Ориентировочно определяются расчетные показатели основных свойств пород и проводятся предварительные расчеты общей устойчивости бортов по опорным инженерно-геологическим линиям, что выполняется, главным образом, на стадии детальной разведки и в период проектирования карьеров.

5. На основании всех материалов, полученных в процессе исследований и обработки, составляется инженерно-геологический отчет по месторождению, а в случае детальной разведки — по участку намечаемого карьера. В отчет включаются следующие основные разделы: цель и этап исследований, программа, объемы работ и методика исследований, влияние инженерно-геологических условий на разработку месторождения, инженерно-геологическая классификация и характеристика пород и углей месторождения, природа прочности пород месторождения, анализ устойчивости бортов действующих карьеров, работающих в аналогичных условиях, районирование месторождения по инженерно-геологическим условиям, выбор расчетных показателей, прогноз устойчивости пород в сферах действия проектируемых карьеров.

Таким образом, во время разведки следует достаточно полно изучать инженерно-геологические условия месторождений, что позволяет правильно проектировать крупные карьеры, прогнозировать условия разработки угольных пластов и избегать аварий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. П. Нифантов. Основные направления инженерно-геологических исследований угольных месторождений Сибири. — В сб.: Вопросы методики инженерно-геологических исследований. Т. 2, Изд. ТГУ, Томск, 1967.
2. Ф. П. Нифантов. Некоторые вопросы инженерно-геологических исследований буроугольных месторождений Канско-Ачинского бассейна. — В сб.: Материалы по геол. и полезным ископаемым Зап. Сиб. Изд. ТГУ, Томск, 1964.
3. Ф. П. Нифантов, В. Н. Пуляев, Е. А. Писарев. Инженерно-геологические условия разработки некоторых буроугольных месторождений Забайкалья. Тр. ТИСИ, изд. ТГУ, 1969.
4. Ф. П. Нифантов, В. Е. Ольховатенко, Е. А. Писарев. Инженерно-геологическая характеристика Итатского буроугольного месторождения. Сб. научных трудов ТИСИ. Т. XII, изд. ТГУ, Томск, 1967.
5. Ф. П. Нифантов, В. Н. Пуляев. Инженерно-геологические условия Урупской площади Березовского буроугольного месторождения. «Известия ТПИ». Т. 185, Изд. ТГУ, Томск, 1971.
6. Е. А. Писарев. К вопросу методики статистической обработки показателей инженерно-геологических свойств пород. Труды Томского инженерно-строительного института. Томск, 1967.
7. В. Н. Пуляев, Е. А. Писарев. К вопросу о пространственной изменчивости свойств горных пород. «Известия ТПИ». Т. 196, 1969.
8. В. Н. Пуляев, В. В. Кравченко, Ю. С. Казаев. Метод и результаты исследований полускальных пород микропенетрометром. «Изв. ТПИ». Т. 201, Изд. ТГУ, Томск, 1971.
9. В. Е. Ольховатенко, В. Н. Пуляев. Исследование сопротивления сдвигу некоторых типов пород Итатского буроугольного месторождения. «Изв. ТПИ». Т. 151, Изд. ТГУ, Томск, 1966.