Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLIV, вып. 1, 1961 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ГЛУБИНЫ ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОД ВОДОЕМАМИ МЕТОДОМ ГИДРОКОНТРОЛЯ В МОДЕЛЯХ ИЗ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю. Н. Нисковский

В практике разработки месторождений под водоемами и крупными водоносными горизонтами весьма трудным в теоретическом и практическом отношении вопросом является выбор безопасной глубины для ведения горных работ. Именно этим объясняется, с одной стороны, частое оставление больших запасов полезного ископаемого в целиках, а с другой — прорывы воды, вызывающие нарушение работ и несчастные случаи.

В Донбассе, Кузбассе, Подмосковье и других бассейнах накоплен значительный опыт отработки угольных пластов под водоемами.

В области рудных месторождений встречаются также случаи разработки руды под сильно водоносными горизонтами; например, в районе Курской магнитной аномалии (КМА) железные руды (с углом падения 80—85°) залегают под 100—500-метровой толщей сильно обводненных осадочных пород [9]. Очень большая мощность рудного тела и наличие обводненных горизонтов осложняют разработку этих месторождений.

В настоящее время на рудниках им. И. М. Губкина и Коробковском железистые кварциты разрабатываются камерно-столбовой системой с выемкой камер открытым забоем и оставлением постоянных междукамерных целиков, что приводит к большим потерям полезного ископаемого. Ширина камер принимается равной 20 *м*, ширина междукамерных целиков 15 *м*.

Разработка полиметаллических руд Зыряновского месторождения на Алтае, мощностью 20—50 *м* и падающих под углом 73°, должна производиться *под сильно обводненными наносами мощностью 80—100 м.* Ввиду неполной ясности гидрогеологических условий месторождения отработку горизонтов здесь предусматривается вести камерно-столбовой системой с оставлением междукамерных целиков.

За рубежом известны случаи отработки месторождений под озерами и океанами. Так, рудник «Вабана» (Атлантическое побережье Канады) разрабатывает месторождение, представленное гематитовыми пластами мощностью 1,5—10 *м*, падающими в сторону океана под углом 8° Глубина океана над наиболее удаленным участком работ достигает

500 *м*. Здесь разработку под дном океана разрешается производить камерной системой с оставлением целиков руды при мощности толщи покрывающих пород не менее 60 *м*. Ширина камер 6—7 *м*. Ширина оставляемых постоянных междукамерных целиков 4—6 *м*. Извлечение руды 50—60%.

Рудники «Лайсвал» (Швеция) и «Оуто-Кумпу» (Финляндия) разрабатывают месторождения под озерами. Выемка полезного ископаемого производится камерными системами.

Для предохранения вышележащих пород от обрушения и сокращения зоны образования трещин на руднике «Лайсвал» оставляются постоянные междукамерные целики, а на «Оуто-Кумпу» производится закладка камер бетоном с последующей выемкой междукамерных целиков и гидравлической закладкой.

Таким образом, во всех рассмотренных случаях ввиду неясности характера распространения зоны обрушения и трещинообразования пород разработку рудных месторождений под водоемами и крупными водоносными горизонтами производят камерными системами с предохранением вышележащей толщи пород от обрушения. Ограниченность случаев разработки рудных месторождений под водоемами и почти полное отсутствие применения систем с обрушением пород не позволяют определять практическим путем характер и высоту зоны распространения трещин. Для решения вопроса о распространении высоты зоны активной трещиноватости в слоистых породах при работах с обрушением нами рассмотрен ряд случаев разработки угольных пластов под водоемами в различных бассейнах Советского Союза [4].

Обычно безопасная глубина работ при подработке водоемов определяется на основе общих законов сдвижения и развития трещиноватости на поверхности в аналогичных горнотехнических условиях, а также по увеличенным шахтным притокам воды в весеннее время и на основании анализов случаев подработки мелких водоемов. Несколько отличны комплексные исследования по Воркуте, где, кроме наблюдений за сдвижением поверхности, проводились специальные контрольные исследования трещиноватости в коренных породах и наблюдения за изменением водопроницаемости пород путем пробных нагнетаний и откачек [5].

Кроме указанных, дополнительные данные о зоне водопроницаемости пород можно получить по потере промывочной жидкости в заиловочных скважинах. Такие наблюдения нами проведены по Артемовскому и Тавричанскому месторождениям (табл. 1). Потеря промывочной жидкости в скважинах наблюдалась при $H = (17—25)m$, а резкое повышение притока приурочивалось к глубине $H = (14—19)m$ (m — вынимаемая мощность пласта).

Установлено, что высота зоны распространения трещин зависит в основном от горнотехнических условий и изменяется в широких пределах для различных месторождений. Для Донецкого бассейна, например, она колеблется в пределах (40—50) m, для Кузбасса, Воркуты и Приморского бассейна — (12—35) m.

На основании практических данных ряд исследователей [4] считает, что уменьшение безопасной глубины работ связано не столько с составом коренных пород, сколько с мощностью наносов и главным образом с наличием в них глинистых пород. Это объясняется тем, что трещины, возникающие при разработке в коренных породах, затухают в наносах, не достигая земной поверхности. Практические наблюдения по определению высоты зоны распространения трещин могут лишь косвенно характеризовать зону повышенной водопроницаемости пород. Кроме того, трещины,

обнаруженные в горных выработках, пересекающих подработанный массив, и потеря промывочной жидкости в случайных скважинах не могут полностью отражать характер трещиноватости всего подработанного участка. По многочисленным наблюдениям на моделях, отдельные трещины в слое, в верхней зоне трещиноватости, не сообщаются с трещинами нижележащих слоев (рис. 1), что значительно влияет на фильтрационные свойства всей толщи пород, так как в этом случае водопроницаемость осуществляется по плоскости напластования пород или непосредственно через нижележащий слой, который иногда может являться и водоупором.

Таблица 1

Месторождение, шахта, пласт	Средняя мощность пласта, *м*; угол падения, *град*	Число скважин	Расстояние от кровли пласта до забоя скважины на максимальной отметке		$\frac{H}{m}$ максимальное, $\frac{H}{m}$ минимальное	Состав коренных пород
			начала потери промывочной жидкости до 1 *м³/час*	полной потери промывочной жидкости свыше 50 *м³/час*		
Артемовское:						
№ 3; II, IV	3,5; 8—10	4	88	52	25; 15	Аргиллит, алевролит, глинистый сланец
№ 7—7-бис; III, II	3,5; 8—12	3	71	56	20; 16	Аргиллит, алевролит, песчаник
№ 6—6-бис; III, II	2,5; 6—10	4	62	47	25; 19	То же
Тавричанское:						
„Капитальная";						
Пожарный, Газовый . .	3,5; 35—40	2	60	48	17; 14	
№ 4; Пожарный	3,5; 42	2	73	57	21; 16	
„Капитальная"; Газовый .	4; 45	2		102	26*	

* Скважина попала в нарушение (сброс).

Таким образом, предельная высота распространения трещин может не совпадать с границей зоны повышенной водопроницаемости, так как последняя зависит не только от их распространения, но также и от геологической структуры массива слагающих ее пород, их послойной связности и состава (песчаники, алевролиты, плотные глины), а также способности их к кальматации (набуханию от действия воды). Следовательно, для оценки условий работы под водоемами важно установить не предельную высоту зоны распространения трещин, а высоту распространения сквозных трещин, начиная с которой надо ожидать значительного повышения притоков воды в шахту. В связи с этим представляет интерес наличие двух зон нарушения сплошности пород, отмеченных Г Н. Кузнецовым при решении вопросов управления кровлей [3]: а) зоны беспорядочного обрушения пород, непосредственно прилегающих к выработанному пространству, высотой в две-три мощности пласта; б) зоны упорядоченного движения пород, в которой породы разбиты на отдельные блоки сквозными трещинами разлома.

По многочисленным наблюдениям за уходом воды в скважинах и на моделях из эквивалентных материалов, мощность этой зоны для слоистых пород колеблется в пределах (12—16) m. Так как при подработке водоемов только сквозные трещины вызывают опасность от прорыва воды, то в дальнейшем будем рассматривать только зону активной трещиноватости, которая совпадает со второй зоной Г Н. Кузнецова. В связи с этим с точки зрения водопроницаемости и опасности при эксплуатации в обрушенных породах можно выделить две зоны: а) повышенных притоков; б) опасных прорывов. К первой зоне можно отнести зону плавного прогиба и верхнюю часть зоны трещиноватости, ко вто-

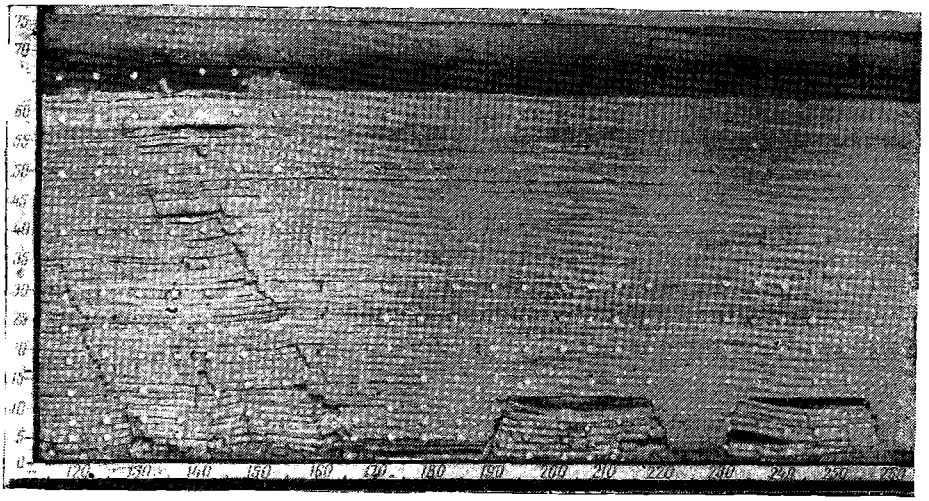


Рис. Характер развития трещиноватости при полном (слева) и частичном — блоковом (справа) обрушении пород

рой — вторую зону, отмеченную Г Н. Кузнецовым. В зоне плавного прогиба открытых трещин не будет, но, по мнению С. Г Авершина [1], породы этой зоны будут иметь повышенную водопроницаемость вследствие того, что при изгибе они претерпели деформации растяжения и сжатия и, следовательно, связь между отдельными частицами в них нарушена.

Таким образом, с точки зрения прорыва воды по трещинам при подработке водоемов, важно установить высоту распространения активной зоны трещиноватости.

Геолого-маркшейдерские исследования по определению высоты зоны водопроницаемости обрушенных пород не могут дать ясной картины сдвижения подработанной толщи и, кроме того, требуют длительного времени и значительных материальных затрат. Так, например, при выемке с обрушением для установления высоты зоны образования трещин в Воркутском месторождении подобные работы проводились на протяжении 8—10 лет [5].

Использование для исследования водопроницаемости пород данных о потере жидкости при бурении заиловочных скважин, пересекающих подработанную толщу, как показали наблюдения на Артемовском и Таврическом месторождениях, могут в ряде случаев сократить необходимый объем специальных выработок, но не дают окончательного ответа

на поставленную задачу. В соответствии с этим при определении безопасной глубины работ под водоемами нами была сделана попытка применения метода моделирования эквивалентными материалами, который широко используется для решения ряда вопросов, связанных с управлением кровлей, подработкой и оседанием поверхности.

Обычная методика моделирования эквивалентными материалами хотя и дает возможность визуально наблюдать различные зоны развития трещиноватости, но не позволяет выявить *опасность трещин как источника катастрофических аварийных притоков и затопления горных выработок.*

В Ленинградском горном институте в лаборатории горного давления им. В. Д. Слесарева была разработана специальная методика исследования с применением так называемого *гидроконтроля.* Эта методика сводится к изучению (на моделях) трещиноватости подработанного массива на различном расстоянии от кровли отработанного пласта визуальным путем, по коэффициенту увеличения объема пород и по изменению фильтрационной способности подработанной толщи. Фильтрационная способность определяется пропусканием воды через массив подработанных пород различной высоты. Гидроконтроль в сочетании с данными по развитию трещиноватости позволяет увязать лабораторные исследования с практическими наблюдениями, полученными по отдельным скважинам, и распространить их на месторождение в целом или на значительные его площади.

По данным моделирования с гидроконтролем для определения притоков воды в шахту после подработки необходимо, чтобы развитие трещиноватости и движение воды по трещинам на модели и в натуре подчинялись законам подобия. Теоретическое установление масштаба для перехода от трещиноватости подработанного массива на модели к натуре невозможно, так как моделируемые породы не будут подчиняться законам натурной пластичности или псевдопластичности.

Однако успешное практическое применение метода эквивалентных материалов для решения вопросов подработки массива, подработки и надработки пластов, для условий работ с внезапными выбросами и горными ударами, разработки сближенных пластов, оседания поверхности является достаточно убедительным, хотя и косвенным доказательством возможности распространения принятых масштабов моделирования (установленных по прочности пород) на развитие и размеры горизонтальных трещин.

Действительно, при значительных отступлениях трещиноватости от принятого масштаба моделирования исследование методом эквивалентных материалов пришлось бы ограничить изучением обрушения только непосредственной кровли. Сложнее вопрос с вертикальными и наклонными трещинами разлома, определяющими в основном притоки воды и имеющими неправильную, суживающуюся книзу клиновидную форму с пережимами и шероховатостью. Если верхнее раскрытие таких трещин *в той или иной степени и может подчиняться закону подобия*, то в нижней части они заканчиваются связанными с развитием деформаций сжатия тонкими трещинами, в возможности моделирования которых возникает сомнение. Между тем эти микротрещины и предопределяют размеры притоков воды с поверхности.

В связи с этим моделирование с гидроконтролем может дать не количественные показатели, а лишь качественное изменение коэффициента фильтрации с глубиной, хотя, как мы увидим далее, вводя поправочные коэффициенты, можно приближенно получить и количественные данные.

Определение фактического притока воды в шахту по отдельным замерам в натуре или на модели невозможно без предварительного установления характера изменения трещиноватости в зависимости от площади подработки и времени, что, как известно, является очень сложной задачей, до настоящего времени не решенной ни для одного месторождения. Поэтому поставленная нами задача сводится к определению методом гидроконтроля границ зоны опасных прорывов и повышенных притоков и ее положения относительно пласта.

Основанием применения гидроконтроля для установления характера движения воды по трещинам послужило широкое применение моделирования в гидротехнике, где в качестве теоретического обоснования методики используются основные критерии подобия Ньютона, Фруда, Коши, Рейнольдса и др., а также гидрогеологические исследования закономерностей перемещения воды по трещинам.

После длительного изучения этого вопроса Г М. Ломизе пришел к заключению, что даже такие узкие трещины, как 0,01—0,006 *мм* шириной, могут содержать свободную воду и фильтрация по ним подчиняется нормальным гидравлическим закономерностям, при изучении которых можно пользоваться обычными правилами геометрического и кинематического подобий [6]. В соответствии с этим можно считать, что движение воды по трещинам на моделях с раскрытием 0,05—1,0 *мм* подчиняется тем же законам, что и в натуре, т. е. фильтрацию в трещиноватых породах можно рассматривать как частный случай руслового процесса, отличающийся лишь очертанием русла, а не характером действующих сил.

Г Н. Каменский отмечает, что в трещинах и трещиноватых породах в зависимости от размера и характера трещин и скорости движения жидкости режим движения воды может быть как ламинарным, так и турбулентным [6].

И. Ф. Володько на основании опытов по фильтрации приходит к выводу, что движение воды в трещинах шириной 0,1—0,2 *см* будет подчиняться линейной зависимости при скорости движения до 10 *см/сек*, а при трещинах шириной больше 10 *см* турбулентный режим наступит при скорости $v \geqslant 0{,}01$ *см/сек* [10].

Сопоставление приведенных цифр с данными опыта (табл. 2) показало, что для расчетов на модели можно пользоваться линейным законом фильтрации, т. е. законом Дарси, имея в виду, что этому закону в натуре может отвечать как ламинарное, так и турбулентное движение. Возможность такого подхода подтверждается еще и тем, что в нашем случае отличие гидравлического градиента I от $\sqrt{I}$ весьма незначительно.

Если рассматривать зону трещиноватости в модели как естественно-трещиноватую среду, движение воды в которой подчиняется линейному закону фильтрации, то для расчетов можно пользоваться общеизвестной формулой Дарси

$$q = KIf, \tag{1}$$

где q — расход воды, *л/сек*;
K — коэффициент фильтрации, *см/сек*;
I — гидравлический градиент;
f — площадь фильтрации, *см*^{2}.

Отсюда

$$K = \frac{q}{If}. \tag{2}$$

По закону геометрического подобия [5]

$$\frac{L}{l}=N \text{ и } \frac{F}{f}=N^2, \tag{3}$$

где L, l — линейный размер натуры и модели;
N — масштаб моделирования;
F, f — площадь натуры и модели.

Для пересчета гидравлических элементов модели на натуру, по закону гравитационного подобия или закону Фруда, в случае одинаковой среды (например, воды), имеется следующее соотношение между гидростатическими давлениями [7]:

$$P=pN, \tag{4}$$

где P и p — гидростатическое давление натуры и модели.

Соотношение скорости движения в натуре V и модели v

$$\frac{V^2}{q_1 L}=\frac{v^2}{q l} \tag{5}$$

Приняв q и q_1 на модели и в натуре одинаковыми и учитывая выражение (3), получим

$$\frac{V^2}{v^2}=\frac{L}{l}=N, \tag{6}$$

откуда

$$V=v\sqrt{N}. \tag{7}$$

Изменение фильтрационных расходов можно получить, используя приведенное отношение для скоростей фильтрации и закон геометрического подобия [5]:

$$\frac{Q}{q}=\frac{EV}{fv}=N^{\frac{5}{2}} \tag{8}$$

$$Q=qN^{\frac{5}{2}} \tag{8'}$$

где Q и q — расход воды в натуре и модели, *л/сек*.

Учитывая невозможность полного подобия трещиноватости модели с натурой, в выражение (8) необходимо ввести поправочный коэффициент α, учитывающий несоответствие масштаба трещиноватости и литологический состав пород. Тогда

$$Q=\alpha qN^{\frac{5}{2}} \tag{9}$$

Для нашего случая отличие I от $\sqrt{I}$ (см. табл. 2) будет незначительным. Следовательно, пересчет в натуру можно производить как по закону ламинарного, так и турбулентного режима, который, по-видимому, характерен для трещин в натуре.

При пересчете коэффициентов фильтрации можно воспользоваться опытами Г. М. Ломизе [6], который установил, что в турбулентном режиме коэффициент фильтрации в трещинах пропорционален корню квадратному их раскрытия, т. е. для нашего случая

$$K=k\sqrt{N}, \tag{10}$$

где K и k — коэффициенты фильтрации пород подработанной толщи модели и натуры, *см/сек*.

Таблица 2

$\frac{H}{m}$	q,	f,				K, см/	$w=K_V-1$	$v=\frac{q}{fw}$ см/сек	$V=v\sqrt{N}$, см/сек
26	0,0002	700	0,00028	1,03	1	0,00028	0,004	0,071	0,71
24	0,0004	720	0,00056	1,1	1,05	0,00050	0,008	0,070	0,7
22	0,0006	740	0,00080	1,2	1,1	0,00067	0,012	0,068	0,68
20	0,0009	770	0,00117	1,35	1,16	0,00087	0,016	0,074	0,74
18	0,0028	840	0,0033	1,5	1,22	0,0022	0,02	0,16	1,6
16	0,086	860	0,10	1,6	1,27	0,0630	0,024	4,3	43

Вводя α, получим

$$K=\alpha k\sqrt{N}. \tag{11}$$

Методика моделирования с гидроконтролем заключалась в следующем. Для изготовления модели применялись песчано-парафиновые

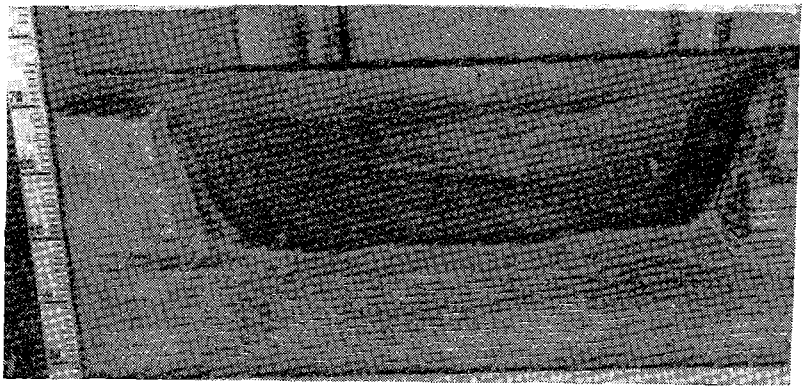


Рис. 2. Путь движения подкрашенной жидкости в подработанной слоистой толще в модели

смеси, подбор которых производился для условий Артемовского и Таврического месторождений по механическим характеристикам пород, полученным в лабораториях Ленинградского горного института по образцам из буровых скважин. После выемки пласта мощностью 2,5 *м* и обрушения коренных пород осуществлялся гидроконтроль. Для этого модель с обеих сторон обшивалась деревянными разъемными щитами. Зазор между щитом и моделью шириной 1,5 *см* заполнялся смесью[1] из 40% песка и 60% тавота.

Поверх модели наливалась подкрашенная тушью вода (высотой 2 *см*). Жидкость по вертикальным трещинам разлома и горизонтальным трещинам расслоения проходила через толщу модели и через просверленные в стенде модели отверстия попадала в мерный резервуар. Тушь, окрашивая края трещин, резко выделяла их в массиве пород (рис. 2) и показывала направление движения воды.

Для выявления изменения фильтрационных свойств подработанной толщи постепенно, начиная сверху, удаляли породу слоями толщиной

[1] Как показали опыты, эта смесь является надежной гидроизоляцией.

м (2 *т*). При этом мощность покрывающих пласт пород сокращалась и уменьшалась глубина работ. Уровень воды изменялся от 2 до 15 *м*.

Коэффициент фильтрации обрушенных пород в модели вычислялся по формуле (2). Гидравлический градиент определялся соотношением

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L_1} = \frac{\Delta H}{L_1}, \tag{12}$$

где H_1 — расстояние от зеркала водоема до пласта, *м*;
H_2 — остаточный напор (в опытах равный нулю), *м*; *
L_1 — длина фильтрации, *м*.

Удельный расход воды

$$\Delta q = \frac{q}{f}, \tag{13}$$

где f — площадь фильтрации, $см^2$.

Скорость фильтрации в модели

$$v = \frac{q}{fw} \tag{14}$$

где w — коэффициент пустотности, характеризующий увеличение объема обрушенных пород за счет вертикальных трещин разлома и горизонтальных трещин расслоения.

$$w = K_V - 1, \tag{15}$$

где K_V — коэффициет увеличения объема обрушенных пород в соответствующей зоне.

Как видно из табл. 2 и рис. 3, где приведены результаты опыта, характер изменения кривых q, k, v одинаков: при бо́льших значениях кратности кривая приближается к прямой с небольшим углом наклона, а затем резко поднимается вверх. Это изменение характера всего семейства кривых приурочено к кратности $\frac{H}{m} = 20$. Резкое увеличение трещиноватости и притоков при кратности $\frac{H}{m} \leqslant 20$ связано с появлением в этой зоне сквозных трещин, по-видимому, вызывающих изменение ламинарного режима на турбулентный и опасных с точки зрения прорывов воды и затопления шахты.

Совпадение лабораторных исследований по методу гидроконтроля с практическими данными по уходу воды в заиловочных скважинах и работами по Печорскому бассейну показывает определенную эффективность метода гидроконтроля и дает основание считать, что зона опасных прорывов для Приморского угольного бассейна распространяется до $H = 20\,m$, а зона повышенных притоков $H = 30\,m$. В связи с этим при отработке угольных пластов под водоемами на таких глубинах управление кровлей должно быть выбрано так, чтобы сохранить вышележащие толщи от нарушения или сократить зону распространения трещинообразования.

На основании изложенного целесообразно предложить следующее.

1. Разработку пластов, расположенных под водоемами или временно затопляемыми водными объектами, а также и для всего Артемовского

---

* Опыты проводились как при отсутствии подпора $H_2 = 0$, так и с подпором $H_2 = 2$ *м*. Полученные в опытах числовые данные отличались незначительно.

месторождения на малых глубинах, подсчитанных по формуле $H = (10—20)\,m$, производить камерной системой с оставлением междукамерных целиков.

Исходя из практики, ширину камер принимать равной 5 *м*, ширину междукамерных целиков 4 *м*. Отработку участков вести обратным ходом.

2. Для пластов, расположенных на глубине $H = (20—35)\,m$, применять камерно-столбовую систему разработки с блоковым обрушением для сокращения зоны трещинообразования (см. рис. 1)

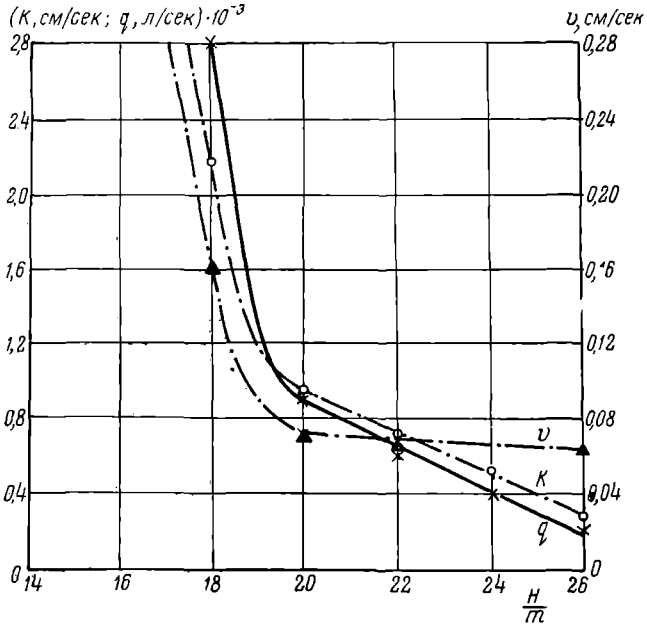


Рис. 3. Зависимость расхода воды, коэффициента фильтрации и скорости от кратности разработки в модели

На основании лабораторных исследований ширину блока принимать равной 32 *м*, ширину междублокового опорного целика 8 *м*.

3. Пласты, залегающие на глубине 35 *m*, можно отрабатывать с полным обрушением, если мощность глинистых отложений (наносов) более 6 *м*.

Метод гидроконтроля по заданию Ленгипрошахта использован для уточнения параметров систем разработки одного из месторождений Индийской республики, где пласты угля расположены под рисовыми полями, уход воды с поверхности которых должен быть исключен. Исследования показали, что гидроконтроль при моделировании эквивалентными материалами дает возможность достаточно точно установить границы развития зоны трещин, опасных с точки зрения прорывов воды в шахту. Следовательно, он может применяться для установления безопасной глубины работ под водоемами для эксплуатируемых и новых месторождений.

При крепких монолитных породах, свойственных рудным месторождениям, предлагаемая методика требует специальной проверки с учетом физико-механических свойств этих пород.

Совершенно очевидно, что полученные при моделировании значения верхнего предела опасной зоны на практике должны быть скорректиро-

ваны, по-видимому, в сторону некоторого увеличения, исходя из невозможности полного перевода всех прочностных показателей породы в натуру и вытекающей из этого неизбежной погрешности моделирования.

Выводы

1. Основное влияние на высоту безопасной разработки полезного ископаемого под водоемами и водоносными горизонтами оказывает развитие трещиноватости при разработке, которое связано с физико-механическими свойствами покрывающих пород и наличием и мощностью глинистых покровных отложений (наносов).

2. Для определения зоны активной трещиноватости и установления зоны опасных прорывов разработана методика лабораторных работ, заключающаяся в исследовании развития трещиноватости на моделях из эквивалентных материалов и установлении характера движения воды по трещинам методом гидроконтроля.

3. Применение метода гидроконтроля при моделировании в сочетании с практическими наблюдениями может явиться одним из основных способов разрешения вопросов безопасности разработки под водоемами и водоносными горизонтами.

4. Сравнение результатов по Приморскому бассейну показало достаточно хорошее совпадение лабораторных и практических данных. Можно считать, что высота зоны опасных прорывов для указанного месторождения распространится до $H=20\,m$, зона повышенных притоков — до $H=30\,m$.

5. Наличие глинистых пород не только уменьшает опасность прорывов, но может их полностью исключить, что объясняется затуханием распространения трещин в наносах.

6. Для окончательного установления возможности использования метода гидроконтроля при определении ожидаемых притоков, а также изучения трещиноватости в очень крепких монолитных породах требуются дополнительные специальные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авершин С. Г Горные работы под сооружениями и водоемами. Углетехиздат, 1954.
2. Казаковский Д. А. К изученности некоторых вопросов сдвижения горных пород на угольных шахтах. Сб. ВНИМИ, 1953, т. XXVII.
3. Кузнецов Г Н. Взаимодействие боковых пород и крепи в очистных выработках пологопадающих пластов каменного угля. Сб. ВНИМИ 1953, т. XXVII.
4. Нисковский Ю. Н. О разработке угольных месторождений под водоемами. Зап. ЛГИ, 1960, т. XLII.
5. Хохлов И. В. Ведение горных работ под водоемами в Печорском угольном бассейне. Углетехиздат, 1958.
6. Ломизе Г М. Фильтрация в трещиноватых породах. Госэнергоиздат, 1951.
7 Избаш С. В. Основы лабораторно-опытного дела в гидротехнике. ОНТИ, 1938.
8. Трояновский С. В., Белицкий А. С., Чекин А. И. Гидрогеология осушение месторождений полезных ископаемых. Углетехиздат, 1956.
9. Агошков А. М., Трумбачев В. Ф., Мельников Е. А. Исследование напряженного состояния и устойчивости междукамерных целиков и потолочины в условиях Курской магнитной аномалии. Сб. «Вопросы разработки месторождений полезных ископаемых». Изд-во АН СССР, 1958.
10. Овчинников А. М. Общая гидрогеология. Госгеолтехиздат, 1955.