

бинных вод в указанные структуры и способствовало формированию здесь газовых залежей. По данным С. В. Лысак, в этом районе хорошо выражена и геотермическая аномалия. Теплые воды здесь залегают не глубоко от поверхности земли и мощность многолетней мерзлоты незначительна.

Сам механизм разгрузки флюидов в зонах разломов и других видов тектонических нарушений в зависимости от геологических и гидрогеологических условий может иметь достаточно простой или сложный характер. Однако зоны разгрузки следует в большинстве случаев оценивать как участки земной коры, на которых осуществляется смена горизонтального или наклонного, латерального движения флюидов на вертикальное, восходящее. При этом в зависимости от мощности зон разгрузки и коллекторских свойств пород водоносных толщ, попадающих в зону разгрузки, могут «подтягиваться» к ним воды и рассолы близких или весьма отдаленных участков территории. Структуры, расположенные на пути движения флюидов к зоне разгрузки, служат ловушками для нефти и газа. Схематически это показано на рис. 2.

Нам представляется, что в новых разведочных районах при оценке перспектив нефтеносности участки территорий, расположенные между крупными зонами разгрузки и зонами нефтегазонакопления (прогибами и краевыми впадинами), могут оцениваться как потенциально нефтеносные, что хорошо доказано на примере Пермской области и других нефтеносных районов.

В дальнейшем изучению нефтепоисковых признаков зон разгрузки подземных вод, в частности в Сибири, должно быть уделено значительное внимание, так как это может дать при нефтепоисковых работах большой эффект.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ильина Е. В., Любомиров Б. Н., Тычино Н. Я. Подземные воды и газы Сибирской платформы. Гостоптехиздат, 1962.
- Кротова В. А. Гидрогеологические факторы формирования нефтяных месторождений. Гостоптехиздат, 1962.
- Кротова В. А. Роль гидрогеологических исследований при поисках нефти.— В кн.: Материалы по Советской нефтяной геологии. Госгеолтехиздат, 1963.
- Кудряков В. А. Пьезометрические минимумы как гидрогеологический показатель нефтегазонасности.— Нефтегазовая геология и геофизика, 1964, № 4.
- Пиннекер Е. В. Предельно насыщенные рассолы.— Сов. геология, 1964, № 8.

## ПАРАМЕТРЫ ТРЕЩИНОВАТОСТИ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ПРИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Б. И. ПИСАРСКИЙ, С. И. ШЕРМАН

Необходимость изучения трещиноватости кристаллических пород при проведении гидрогеологических исследований самого различного профиля общеизвестна. Вопросы изучения трещиноватости для целей гидрогеологии рассматривались в работах А. М. Овчинникова (1938), Д. И. Щеголева и Н. И. Толстихина (1939), Н. И. Кригера (1951), Н. И. Плотникова с соавторами (1957) и др. Однако основное внимание в этих работах уделено вопросу качественного изучения трещиноватости, и лишь немногие исследователи (Зуев, Сергеев, 1959; Козлов, 1962) приводили наглядные примеры необходимости учета и количественных параметров трещиноватости.

Подземные воды в трещиноватых кристаллических породах характеризуются сложными закономерностями движения и формирования их естественных запасов. При изучении этих вод исследователи сталкиваются с большими затруднениями при выделении гидрогеологических структур, определении мощности водоносных зон либо глубины зоны эффективной трещиноватости, выборе достоверных показателей для гидрогеологических расчетов.

При крупномасштабных гидрогеологических съемках в горных районах, как и при гидрогеологических исследованиях на месторождениях твердых полезных ископаемых, детальное изучение трещиноватости пород может дать большой дополнительный материал для решения ряда практических задач.

Главный параметр трещиноватости, которому необходимо уделять значительное внимание при изучении количественной стороны трещиноватости горных пород, — степень раскрытости породы, или интенсивность трещиноватости. По нашему мнению, это наиболее всеобъемлющий параметр, относительно объективно отражающий количественную сторону трещинной разбитости (нарушенности) горной породы. Под степенью раскрытости мы понимаем выраженное в процентах отношение суммы произведений длин трещин на их зияние к единице площади (Шерман, 1964). Если степень раскрытости породы обозначить  $P$ , то ее величину можно рассчитать по формуле:

$$P = \frac{0,01 \sum_{i=1}^n l \cdot m}{S} \cdot 100 \%,$$

где  $l$  — длина трещин ( $m$ ),  $m$  — зияние трещин ( $cm$ ),  $S$  — площадь участка замеров ( $m^2$ ).

Для получения параметра  $P$  при проведении гидрогеологических съемок предлагается следующая методика полевых исследований.

В обнажении, встреченном в маршруте, выбирается несколько «микроучастков» (желательно четыре — пять), которые для объективности подсчета располагаются на двух условных взаимно перпендикулярных линиях. Площадь участков в зависимости от густоты и длины мелких трещин и от площади обнажения может быть различна. В нашей практике она колебалась от 0,25 до 1  $m^2$ . Контуры участка намечаются складным метром.

Параметр  $P$  вычисляется для каждого микроучастка после определения длины и зияния всех трещин. Для обнажения в целом  $P$  принимается как средняя арифметическая величина из всех значений  $P$  по участкам. По общему количеству проведенных замеров легко получить и общее число трещин на участке ( $n$ ).

При изучении степени раскрытости породы, особенно в местах интенсивной трещиноватости, многие трещины даже в пределах микроучастка пересекаются между собой, поэтому простое сложение, которое использовано в формуле при определении  $P$ , может, казалось бы, дать завышенный результат, так как при этом дважды учитывается промежуток пересечения трещин между собой. Но это завышение, как показывают расчеты, практически ничтожно, поскольку расстояние между трещинами обычно много больше их раскрытости, им можно пренебречь.

Методы изучения трещиноватости в подземных горных выработках в целом существенно не отличаются от приемов, применяемых на поверхности. В подземных выработках изменяются условия работ и обнаженность становится сплошной. Здесь уже не приходится искать участки, а их выбор определяется структурными условиями и густотой сети наблюдений. В горных выработках нередко значительные затруднения вызывает попытка измерить степень раскрытости породы. Те, кому приходилось

изучать трещиноватость в подземных горных выработках, особенно в условиях действующих рудников, знают, что сильная загрязненность некогда открытых трещин и некоторое изменение степени зияния их из-за буровзрывного способа проходки заставляют быть весьма критичными при оценке этого параметра. Поэтому в тех случаях, когда исследователь недостаточно уверен в надежности получаемых данных по зиянию трещин, рекомендуется определять не степень раскрытости породы, а простой коэффициент трещиноватости — отношение суммарной длины трещин на каком-нибудь участке к его площади (данные выражаются в процентах). Обозначив такой коэффициент трещиноватости через  $K_{тр}$ , его можно вычислить по формуле:

$$K_{тр} = \frac{\sum_1^n l}{S} \cdot 100 \%,$$

где  $l$  — длина трещины ( $m$ ),  $S$  — площадь микроучастка ( $m^2$ ). Эти данные только отчасти можно сопоставлять со степенью раскрытости породы, поскольку чем больше трещин на единицу площади, тем больше ее пустотность, но прямой пропорциональности здесь нет (Шерман, 1964).

По данным вычисления параметров  $P$  или  $K_{тр}$  в подземных горных выработках шахт и шахтных полей можно проследить характер изменения этих параметров с глубиной и установить мощность зоны открытой трещиноватости. Так, исследования на Слюдянском месторождении флогопита позволили нам установить, что величина  $P$ , которая на поверхности равнялась 1—8%, с глубиной резко уменьшилась и на глубине 150 м была равна всего 0,15%. Построенный по результатам наблюдений график (Шерман, 1964) позволил оценить мощность зоны открытой трещиноватости в 220—250 м (см. рисунок).

Возвращаясь к общим вопросам методики исследований, заметим, что микроучастки, или точки наблюдения для вычисления показателя  $P$  необходимо размещать на общей исследуемой площади так, чтобы они равномерно покрывали территорию и располагались как в обнажениях, имеющих источники, так и в местах отсутствия выходов подземных вод. Для объективного подхода к оценке величины  $P$  точки наблюдений должны располагаться и в долинах водотоков (у подошвы склонов), и вблизи вершин водоразделов, на склонах разной экспозиции.

Величины показателя  $P$  значительно колеблются в зависимости от структурной позиции участка и литолого-петрографического состава пород. В пределах Прибайкалья, например, величина степени раскрытости породы изменяется от 1—2% (граниты, гнейсы, сланцы) до 8 и даже до 10% в карбонатных породах. Как указывали Д. И. Щеголев и Н. И. Толстихин (1939), в районах развития кристаллических пород их коллекторские свойства следует оценивать отдельно для различных петрографических разностей, с учетом различных условий их залегания. Поэтому в результате наблюдений желательно иметь много (20—30) значений  $P$  для каждой из распространенной в районе литолого-петрографической разности.

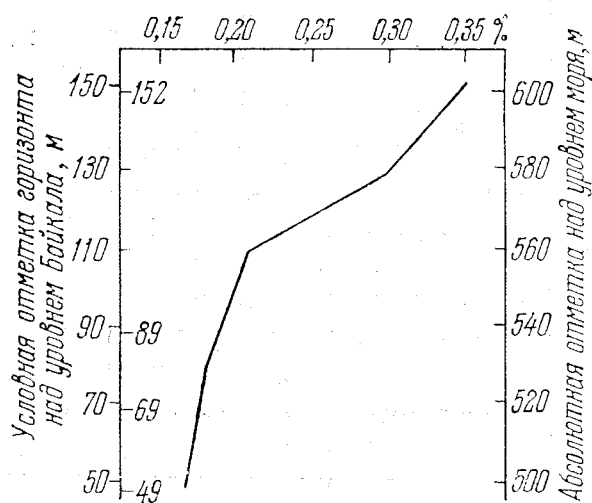


Рис. 1. График изменения степени открытости породы с глубиной на Слюдянском месторождении флогопита

Значительно разнятся величины показателя  $P$  в зависимости от структурной позиции участка. Так, по наблюдениям в Прибайкалье, в местах антиклинальных перегибов интенсивность трещиноватости часто выше, чем на крыльях складов. А. В. Зуев и В. А. Сергеев (1959) измеряли и вычисляли показатель  $P$  в местах выхода источников. Они выявили и показали на графиках закономерность увеличения дебита источников от роста величины  $P$ . Однако такая закономерность может сохраняться только до определенных пределов, а в дальнейшем, как показывают наблюдения в Прибайкалье, может существовать даже обратная зависимость. Кроме того, при этом обязателен учет общегидрогеологических факторов и структурного положения участков.

Какое же значение при выделении гидрогеологических структур может иметь показатель степени раскрытости породы? На наш взгляд, он должен явиться таким же основным (а не косвенным) показателем, как дебиты источников, температура воды, химический состав и др. Поясним сказанное примером.

Для выделения водоносных комплексов в Юго-Западном Прибайкалье были использованы с учетом геологических условий и гидрогеологической обстановки следующие показатели: пределы дебитов источников, средний дебит, пределы температур воды, средняя температура, модули родникового стока, плотность источников, химический состав воды, показатель степени раскрытости. На основе анализа других показателей получилось, что комплексы пород безымянской и харагольской свит отличаются более высокой водоносностью, чем комплексы перевальной и култукской свит (см. таблицу). Величины показателя трещинной пустотности, наоборот, свидетельствовали о более высоких коллекторских свойствах последних двух свит. Анализ общих закономерностей питания, распространения и

#### Некоторые данные о коллекторских свойствах и водоносности пород Юго-Западного Прибайкалья

Геологический возраст	Стратиграфические подразделения	Породы, слагающие водоносный комплекс	Площадь развития комплекса пород, км <sup>2</sup>	Число источников в пределах площади	Коэффициент трещинной пустотности, %	Суммарный родниковый сток с площади, л/сек	Пределы величины дебитов источников, л/сек	Средний дебит источников, л/сек	Модуль родникового стока, л/сек с км <sup>2</sup>	Число источников на 1 км <sup>2</sup> площади
Докембрий	Безымянская и харагольская свита	Мраморы, известняки, кварц-карбонатные и кварц-диопсидовые породы	17,4	16	3,93	28,3	0,1—10,0	1,77	1,63	0,92
		Гнейсы, кристаллические сланцы, гранитоиды	141,7	73	1,36	40,05	0,01—3,0	0,59	0,28	0,52
	Перевальная и култукская свиты	Мраморы, кварц-карбонатные и кварц-диопсидовые породы	110,75	32	5,96	109,8	0,05—25	3,42	0,99	0,29
		Гнейсы, кристаллические сланцы, гранитоиды	97,4	41	1,8	19,71	0,01—2,2	0,48	0,20	0,42

разгрузки подземных вод и результаты бурения скважин показали значительно более высокую водообильность пород култукской и перевальной свит, что совпало с данными трещинного анализа.

Региональная оценка количественных и качественных параметров трещиноватости при наличии достаточно густой сети наблюдений завершается составлением карты интенсивности трещиноватости в изолиниях, которая вместе с другими данными позволяет более обоснованно проводить границы гидрогеологических структур.

При изучении условий обводненности месторождений полезных ископаемых прогноз водопритоков в горные выработки в трещиноватых породах часто весьма затруднителен. Это связано с невозможностью достаточно достоверно определять параметры, входящие в расчетные формулы. Ряд исследователей (Плотников и др., 1957) рекомендуют в этих случаях применять косвенные методы расчета (метод водного баланса, отдельный подсчет динамических и статических запасов подземных вод и др.).

Учет трещинных параметров и общее детальное изучение трещиноватости позволяют в этих условиях с большой точностью определять ряд параметров, входящих в существующие расчетные формулы (мощность водоносного горизонта по глубине затухания эффективной трещиноватости и др.).

При расчете возможных водопритоков отдельно за счет динамических и статических запасов, что дает возможность выбрать рациональные методы осушения месторождений, определение такого показателя безусловно необходимо.

В заключение следует отметить, что предлагаемая методика изучения количественной оценки трещиноватости несомненно требует дальнейшего усовершенствования, однако, как показал опыт работ в Прибайкалье, она может найти широкое применение при самых различных видах гидрогеологических работ в горно-складчатых областях.

## ЛИТЕРАТУРА

- Зуев А. В., Сергеев В. А. Некоторые закономерности связи между дебитом источников и трещиноватостью водовмещающих пород.— Вестн. ЛГУ, № 18, серия геол. и геогр., 1959, вып. 3.
- Козлов С. Е. О некоторых закономерностях в изменениях верхней гидродинамической зоны гор. Кара-Мазар и Могол-Тау.— Вестн. ЛГУ, серия геол. и геогр., 1962, вып. 3.
- Кригер Н. И. Трещиноватость и методы ее изучения при гидрогеологической съемке.— Материалы по инж. геологии. Металлургиздат, 1951, вып. 2.
- Овчинников А. М. К методике изучения трещиноватости.— Разведка недр, 1938, № 4—5.
- Писарский Б. И. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых Юго-Западного Прибайкалья. Автореферат дисс. Иркутск, 1964.
- Плотников Н. И., Сыроватко М. В., Щеголев Д. И. Подземные воды рудных месторождений. Metallurgizdat, 1957.
- Шерман С. И. Некоторые вопросы трещиноватости горных пород в связи с обводнением Слюдянских флогопитовых месторождений.— Труды ВСГИ, Иркутск, 1962, вып. 9.
- Шерман С. И. Трещинная тектоника Слюдянского флогопитоносного поля (Юго-Западное Прибайкалье). Автореф. дисс. Иркутск, 1964.
- Щеголев Д. И., Толстихин Н. И. Подземные воды в трещиноватых породах. Гостоптехиздат, 1939.