

А. И. Печеркин, В. Н. Катаев, А. В. Маклашин

Пермский университет

Л. В. Печеркина

ВНИИОСуголь

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГИПСА И АНГИДРИТА НА УЧАСТКЕ ШТОЛЬНИ, ВСКРЫВАЮЩЕЙ ГРОТ ВЫШКА КУНГУРСКОЙ ЛЕДЯНОЙ ПЕЩЕРЫ

Детальное изучение сульфатных массивов в районах поселков Полазна и Куликово (Предуралье) и последующий рентгеноструктурный анализ образцов показали, что содержание в породе гипса и ангидрита значительно изменяется как в направлении простирания, так и по мере углубления [1, 3]. На участках повышенной трещиноватости обнаружен гипс, образовавшийся в результате гидратации. На поверхности межтрещинных блоков $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ присутствует в виде корки, нередко отслаивающейся при снижении сжимающих напряжений. Такие вторичные гипсовые образования отмечены в Полазненском массиве [2].

Внутренние части межтрещинных блоков подвержены диффузионной гидратации, заключающейся в проникновении воды в кристаллическую решетку ангидрита. Напряженное состояние массива, определяющее степень деформированности кристаллической решетки минералов, способствует диффузионной гидратации. Степень сохранности кристаллической решетки ангидрита увеличивается к центру межтрещинного блока. Обратное явление характерно для гипса. Следовательно, степень гидратированности ангидрита повышается к периферии межтрещинных блоков и достигает максимума на их поверхностях, омываемых трещинными водами. С увеличением степени гидратированности уменьшается прочность пород (рис. 1) [3]. По степени гидратированности можно определить близость водопродводящей трещины или карстовой полости от места отбора образца.

Нами проанализированы результаты рентгеноструктурного исследования образцов, отобранных из штольни, пройденной

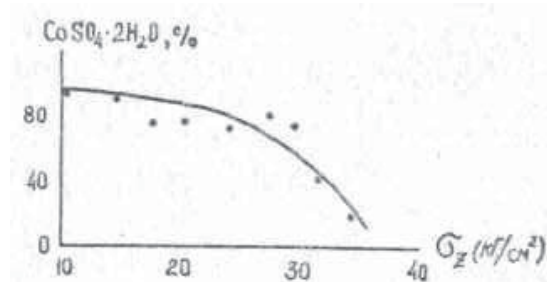


Рис. 1. Изменение сопротивления одноосному сжатию гипс-ангидрита в зависимости от содержания в породе $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (%)

в гипс-ангидритовом массиве Ледяная гора и вскрывшей грот Вышка Кунгурской ледяной пещеры (табл.). Исследования проводились на установке Дрон-2,0. По рентгенограммам определялись четыре показателя внутреннего состояния кристаллов гипса и ангидрита:

1) I_i (мм^2) — интенсивность рассеяния импульсного луча (комплексный показатель сохранности кристаллической решетки), регистрируется по площади характерного пика, для ангидрита — по $d=0,349$ нм, $2\theta=25,5^\circ$, для гипса — по $d=0,306$ нм, $2\theta=29,2^\circ$ (где d — межплоскостное расстояние, 2θ — угол регистрации пика);

2) B (мм) — общий показатель дисперсности (деформируемости), характеризующий величину области когерентного рассеяния и в меньшей степени микронапряжения;

3) $\alpha_{1/2}^0$ степень текстурированности;

4) σ^0 — значения макронапряжений.

Определено процентное содержание гипса и ангидрита в породе. Значения I_i , B , σ^0 прямо пропорциональны, а $\alpha_{1/2}^0$ — обратно пропорциональны степени деформируемости кристаллической решетки минералов.

На тридцатиметровом участке опробования выделены два межтрещинных блока. На графиках они заключены между отметками 3 и 12, 18 и 24 м. Отметки 24 и 30 м ограничивают зону влияния карстовой полости (грот Вышка). Межтрещинные блоки характеризуются высоким содержанием ангидрита (82%) и низким содержанием гипса (18%). Совпадение максимумов кривых текстурированности, которые несколько выше для ангидрита, указывает на унаследованность строения и ориентированности кристаллов гипса, образовавшихся при замещении ангидрита. Пониженные показатели деформированности и макронапряжений, более интенсивное рассеивание ангидрита и менее интенсивное — гипса дают основание заключить о вторичности гипса по отношению к ангидриту.

На графиках (рис. 2) четко выделены зоны повышенной трещиноватости пород, расположенные по краям монолитных трещинных блоков. Их характерными признаками являются незначительное содержание ангидрита в сравнении с гипсом, низкая степень текстурированности, высокие показатели дисперсности и макронапряжения для ангидрита. Сохранность кристаллической решетки гипса в этих зонах на порядок выше, чем у ангидрита. Это объясняется тем, что формирование кристаллов гипса происходило после образования трещин. Характеристические показатели вблизи грота Вышка (отметки 24—30 м) определяются зоной влияния полости. Резкое

**Результаты рентгеноструктурного анализа образцов гипс-ангидрита
(район Кунгурской ледяной пещеры)**

Показатель	Расстояние, м									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Гипс <i>B</i> (мм) ангидрит	7	8	6,5	7	10	8	8	7	5,5	8,5
	7,5	7	7	7,5	12	8	7	9	10	9
гипс $\alpha_{1/2}^{(0)}$ ангидрит	11	25	11	6,9	18,2	10	6	15	5	12
	5	20	6	6	20	4	4	6	6	7
гипс σ^0 ангидрит	0,15	0,05	0,12	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,14	0,66
	0,17	0,04	0,06	0,3	0,13	0,06	0,17	0,18	0,10	0,10
гипс I_i (мм) ² ангидрит	1089	1100	745	777	16200	630	310	572	15400	11520
	9150	16500	83300	—	80	9750	29700	14490	68	—
гипс % ангидрит	34	23	4	11	99,9	22	4	15	99,9	100
	66	77	96	89	0,1	78	96	85	0,1	—

повышение содержания гипса в породе (до 100%) указывает на полную гидратацию ангидрита вблизи стенок полости. Гидратации способствовали дефекты кристаллической решетки

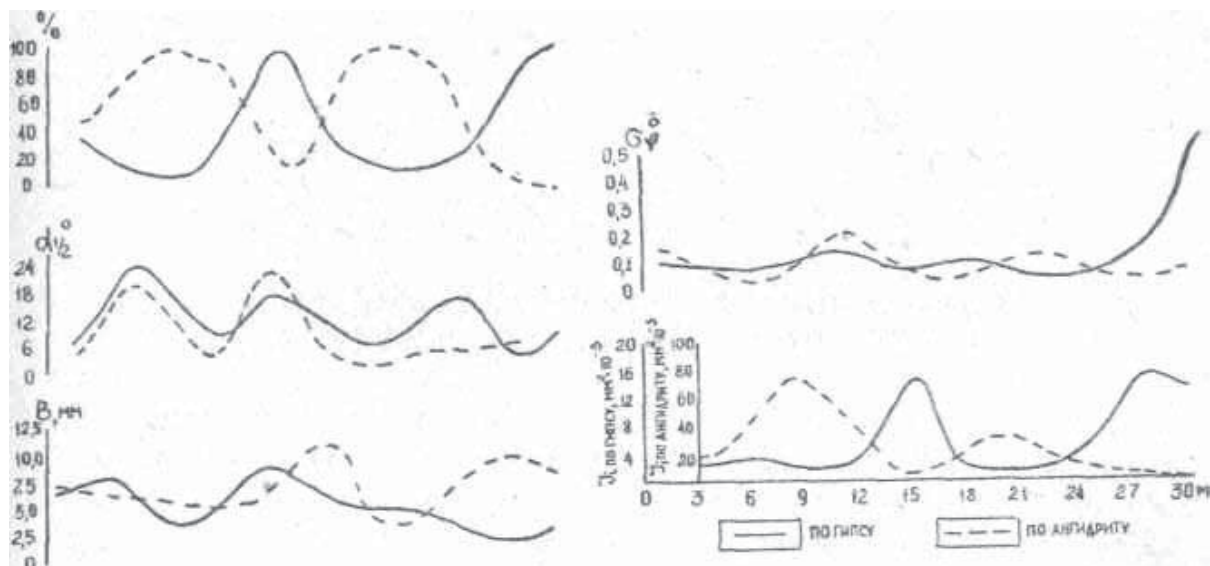


Рис. 2. Результаты рентгеноструктурного анализа образцов гипс-ангидрита, отобранных на участке штольни, вскрывающей грот Вышка

ангидрита, типичные для сильно трещиноватых зон. Минералы трещиноватых зон и зоны влияния карстовой полости имеют идентичные рентгеноструктурные характеристики, но для гипса по направлению к полости они более стабильны. Например, степень текстурированности увеличивается по мере приближения к полости, а изменение значений деформированности и макронапряжений у гипса и ангидрита носит противоположный характер, что отчетливо выражено на графике (рис. 2). Именно подобное изменение рентгеноструктурных показателей и определяет зону влияния карстовой полости, которая в рассматриваемом случае составляет 6 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунова К. А., Максимович Н. Г., Катаев В. Н. Использование данных рентгеноструктурного анализа пород при изучении сульфатного карста. — Тез. докл. научно-технического совещания. Пермь, 1982.
2. Печеркин А. И., Максимович Н. Г., Болотов Г. Б., Закоптелов В. Е. Пещеры и другие карстовые формы на побережье камских водохранилищ. — В кн.: Пещеры. Перм. ун-т, 1981.
3. Печеркин А. И., Катаев В. Н., Печеркина Л. В. Изменение прочности сульфатных горных пород в зависимости от степени их гидратированности. — В кн.: Инженерная геология Западного Урала. Перм. ун-т, 1982.