

так и в экономическом отношении (более дешевая водоподготовка).

2. Водозаборы придолинных месторождений более надежно защищены от залповых выбросов загрязнения, чем поверхностные источники, так как на них происходит сглаживание концентрационных пиков в привлекаемых речных водах. По этой же причине контроль качества вод на береговых водозаборах более надежен (размазанные во времени всплески концентрации легче фиксируются, чем кратковременные).

3. На этапе разведки трудно сделать надежный прогноз качества вод. Целесообразно использовать комплексный подход, описанный в работе [4]: создание постоянно действующей гидрогеомиграционной модели месторождения и модельно-ориентированный мониторинг на этапе эксплуатации с уточнением модели, проигрыванием на ней возможных ситуаций и выработкой рекомендаций по дальнейшей эксплуатации месторождения и действий в аварийных ситуациях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булатов Р.В. Альтернативное водоснабжение крупных городов Урала // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. - 1995. - №5. - С.177-187.
2. Плотников Н.И., Плотников Н.А., Сычев К.И. Гидрогеологические основы искусственного восполнения запасов подземных вод. - М.: Недра, 1978. - 311 с.
3. Малые реки России (использование, регулирование, охрана, методы водохозяйственных расчетов). - Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1988. - 320 с.: черт.
4. Фельдман А.Л., Рыбникова Л.С., Копылов Д.В. Оценка эксплуатационных запасов и мониторинг месторождений подземных вод в многопластовых гидрогеологических системах Зауралья // Проблемы изучения и использования геологической среды: Межвузовский сборник. - Новочеркасск, 1996. - С.36-50.
5. Шестаков В.М. Мониторинг подземных вод - принципы, методы, проблемы // Геоэкология. - 1993. - № 6.

УДК 624.131.43;622.

И.В.Абатурова Э.И.Афанасиади

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБОНАТНОЙ ТОЛЩИ ВОРОНЦОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Оптимизация строительства горных предприятий и процесса отработки полезного ископаемого требует обоснованной оценки инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых; выделения главных компонентов инженерно-геологических условий, определяющих процесс отработки; оценки масштаба их воздействия и прогнозирования поведения горных пород при разработке месторождения.

Одной из главных особенностей Воронцовского месторождения, которые определяют условия отработки месторождения, является развитие в его пределах карбонатных пород.

Карбонатные породы представлены брекчированными известняками девонского возраста, в разной степени мраморизованными, неравномернозернистой структуры.

Брекчированные известняки - это обломки известняков размером 1-2-10 мм, промежутки между которыми выполнены метасоматически измененным туфогенным цементом.

Рельеф кровли известняков отличается чрезвычайной сложностью, изрезанностью, здесь отмечаются карстово-эрозионные уступы глубиной 100-120 м, карстовые щели, карстовые козырьки мощностью 5-10 м, карстовые долины.

Карстовые депрессии, имеющие различные формы в плане (вытянутые в меридиональном направлении асимметричной формы, сложной формы, соединяющей несколько карстовых котловин),

выполнены глинами с включениями гравия, дресвы, гальки, обломков и глыб известняка, дресвяно-щебнистыми образованиями с суглинками и глинами в заполнителе и смещенными (обрушившимися, сползшими в карстовые полости) корами выветривания. Мощность карстовых образований весьма изменчива; она варьирует от первых единиц метров до 130 м в пределах северной части месторождения, от 0 до 70 м - в пределах южной части месторождения.

Исследования физико-механических свойств показали, что породы карбонатной толщи имеют довольно низкие значения прочностных свойств (табл. 1), однако установлено, что, различаясь по минеральному составу, мраморизованные и брекчированные известняки отличаются и по основным физико-механическим характеристикам. Брежированные известняки имеют более высокие значения прочности ($R_c = 127$ МПа), коэффициента крепости ($k_{кр} = 14$) и плотности ($\rho = 2.79$ г/см³), что, очевидно, связано с присутствием в брекчированных известняках прочного туфогенного цементирующего материала, изменением текстурно-структурных особенностей и оруденением.

Таблица 1

Показатели физико-механических свойств пород карбонатной толщи

Показатели физико-механических свойств	Известняки, мраморизованные известняки	Брекчированные известняки
Плотность, г/см ³	2.71	2.79
Предел прочности на растяжение, МПа	10.7	11.4
Предел прочности на сжатие, МПа	109	127
Предел прочности на сжатие в водонасыщ. состоянии, МПа	98	75
Удельное сцепление, МПа	19.7	27
Коэффициент крепости	8	14

Одним из основных факторов, определяющих инженерно-геологические особенности пород карбонатной толщи, степень и характер ее закарстованности, является трещиноватость, раздробленность пород, морфология стенок трещин, минеральный состав заполнителя трещин.

Массив горных пород, слагающих Воронцовское месторождение, пересекается двумя крупными разломами (Воронцовским и Южно-Воронцовским). Интенсивные тектонические движения привели к сильной дислокации пород и их дроблению участками до глинисто-обломочного состояния с зеркалами скольжения и бороздами трения. Мощность зоны разлома до 30 м, на глубинах от 20 до 50-60 м от основной линии разлома отходят оперяющие трещины отрыва, которые характеризуются зонами дробления, межпластовыми срывами.

Анализ результатов обработки трещиноватости показал, что трещины, разбивающие массив карбонатных пород, имеют сетчатый рисунок. Это трещины тонкие, волосные, ветвящиеся, для них характерны смещения, раздувы, поверхности трещин неровные, по ним часто отмечается выщелачивание, до образования каверн, глубиной 2-3-5 мм. Заполнителем трещин являются гидроокислы железа, корочки хлоритов и карбонатов. Преобладающим направлением линеаментов являются северо-западное и юго-восточное с углами 30-80 град (рис.1).

Наличие систем трещин и неоднородность их пространственного распределения обуславливают анизотропность и неоднородность массива карбонатных пород, влияющих на развитие карстового процесса.

Главным свойством карстующихся пород является их пространственная неоднородность. В пределах изучаемого месторождения развиты поверхностные и подземные формы карста. Среди поверхностных выделяются:

- воронки, в профиле имеющие чашеобразную, конусообразную форму, в плане - округлые, овальные, вытянутые. По генезису воронки карстово-обвальные, карстово-суффозионные и смешанного типа;

- карры - разнообразные углубления в виде небольших разъединенных водой лунок, борозд,

желобков, разделенных гребнями;

- поноры - небольшие отверстия и щели, которые обуславливают поглощение поверхностного стока в глубь массива известняков;

- западины - сложные карстово-эрозионные впадины; замкнутые и полужамкнутые отрицательные формы рельефа, в которых часто располагаются болота.

Распределение поверхностных карстовых форм по площади месторождения неравномерное, отмечается приуроченность и скопление их к зонам тектонических нарушений и к участкам контактов пород различного литологического состава. В среднем плотность поверхностных карстовых форм составляют 12-16 штук на км².

Глубинная закарстованность карбонатных пород Воронцовского месторождения определяется неоднородностью известняков по минеральному и петрографическому составу, структурно-текстурными особенностями, степенью метаморфизма и тектонической проработки. Выделение подземных карстовых форм, количественная оценка степени глубинной закарстованности карбонатных пород проводилась по методике И.И.Плотникова. В карбонатном массиве Воронцовского месторождения выделены подземные формы карста:

1. Закарстованные трещины, расширенные за счет растворения. С развития этих трещин начинается процесс образования карстовых полостей. Ширина зияния этих трещин от единиц мм до 10-15 мм, поверхности трещин часто корродированы.

2. Каверны и поры растворения. Размеры каверн колеблются от 0.5 до 4-5 см по длине, форма их извилистая. Густота каверн различная, частота встречаемости обуславливает пространственную закарстованность массива карбонатных пород. Форма закарстованности по И.И.Плотникову 3а, б; 4а, б.

3. Карстовые каналы, лотки и пустоты. К карстовым каналам относятся вскрытые скважинами карстовые пустоты, открытые или выполненные рыхлыми осадками размером 0,05-1,0 мм пустоты, имеющие размеры менее 1,0 м карстовые полости.

Наибольшее количество подземных карстовых форм встречено в зонах разломов, повышенной трещиноватости и на контакте карбонатной толщи с интрузивными породами.

Таким образом, установлено, что наибольшая вероятность наличия интенсивно закарстованных зон связана с зонами повышенной трещиноватости, раздробленности и с контактами пород различного петрографического состава (рис. 2, 3).

Для количественной оценки степени глубинной закарстованности был принят коэффициент линейной закарстованности (Кз) и статистическая вероятность вскрытия карстовых форм скважинами:

$$K_z = \frac{L_k}{L}$$

100%;

$$P_x = \frac{m}{N}$$

где L_k - суммарная длина карстовых пустот, вскрытых скважинами;

L - общая длина скважин, пробуренных в карстующихся породах, м;

N - общее количество скважин;

m - количество скважин, вскрывших карстовые полости.

Так как вскрытие скважинами карстовых каналов является сравнительно редким явлением и возможны грубые ошибки, то за количественную оценку степени закарстованности была принята не истинная величина коэффициента закарстованности, а его расчетные значения.

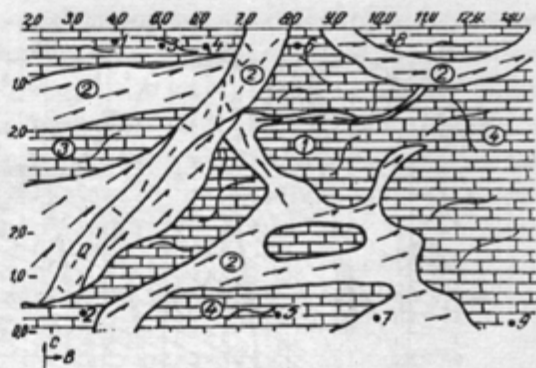


Рис.1. Зарисовка стенки шурфа 12 горизонт 20,0м, рассечка 9



Рис. 2. Характер трещиноватости пород по данным замеров в шурфах

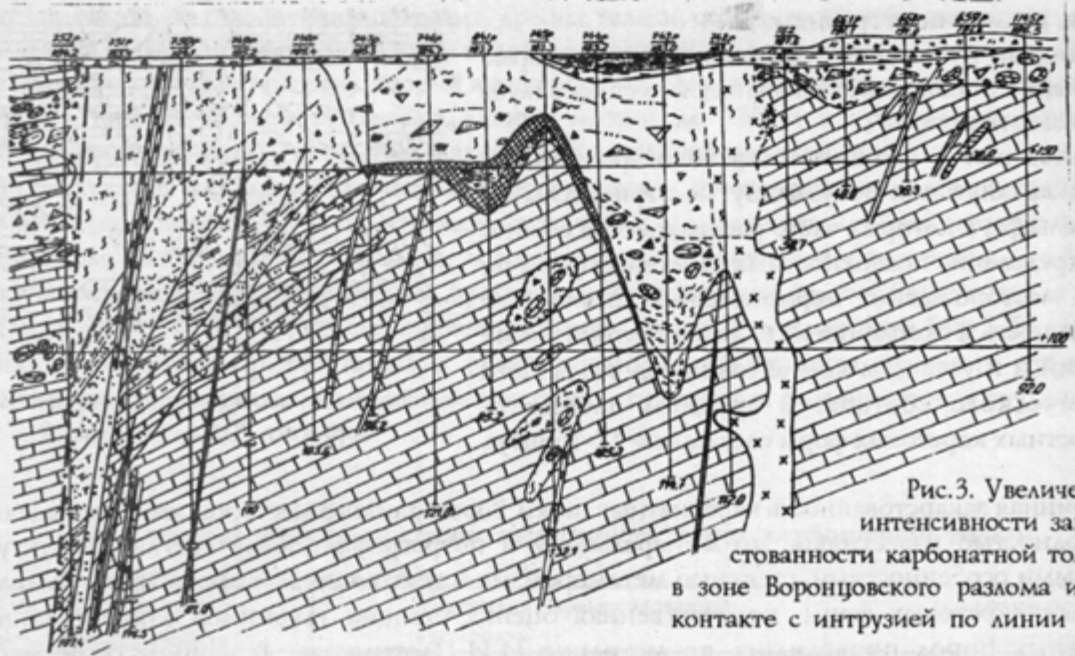


Рис.3. Увеличение интенсивности закарстованности карбонатной толщи в зоне Воронцовского разлома и на контакте с интрузией по линии 54

Расчет коэффициента закарстованности осуществлялся по коэффициентам трещиноватости карстовых проявлений I типа ($K_{трI}$) и II типа ($K_{трII}$):

$$K_{трI} = \frac{\sum l(2a, b + 3a, b + 6\%3c)}{1}$$

$$K_{трII} = \frac{\sum l(4a, b + 96\%3c)}{1}$$

где l - общая длина изучаемого интервала, м; $1(\quad)$ - суммарная длина перечисленных форм закарстованности, м.

Суммарный коэффициент закарстованности определяется по формуле

$$K_3 = K'_3 + K''_3,$$

где K'_3 , K''_3 - коэффициенты закарстованности первого и второго порядков соответственно.

Геолого-структурное строение месторождения, глубина залегания карбонатных толщ, водопроницаемость покрывающих известняки отложений, наличие в них водоупорных пород, степень закарстованности, трещиноватости и анализ результатов площадной геофизики позволило выполнить районирование массива известняков по степени закарстованности. Выделено три блока: сильнозакарстованных известняков с полями электрических сопротивлений ρ_k 2000 Ом.м; среднезакарстованных с ρ_k от 2000 до 4000 Ом.м и слабозакарстованных известняков с ρ_k более 4000 Ом.м.

Для выделенных блоков установлено: 1) карстовые полости в массивах сильнозакарстованных известняков встречаются до глубин 230 м, среднезакарстованных до глубины 100 м и слабозакарстованных до глубины 40 м; 2) значения коэффициентов закарстованности с глубиной уменьшаются, но отмечаются отдельные интервалы, где эта тенденция нарушается; 3) мощность подзоны взаимосвязанных карстовых систем, установленная по величине суммарной закарстованности 0.2, составляет для массивов сильнозакарстованных известняков 300 м, среднезакарстованных - 250 м, слабозакарстованных - 200 м.

Итогом изучения инженерно-геологических условий месторождений является построение инженерно-геологической модели месторождения, отображающей сходство и различие отдельных участков по условиям устойчивости в откосах уступов и бортов проектируемых карьеров. Инженерно-геологическое районирование карьерного поля является основой для управления геомеханическими процессами в бортовых массивах, сложенных карбонатными породами, так как обеспечивает надежный прогноз инженерно-геологических процессов и явлений, разработку эффективных мер

по целенаправленному воздействию на массив, обоснованный выбор способов контроля состояния карбонатного массива. Последовательное разделение территории месторождения по степени и устойчивости пород в откосах уступов проектируемого карьера, с учетом геолого-структурного строения, степени тектонической нарушенности, наличия поверхностей ослабления, зон дробления, характера и степени поверхностной и глубинной закарстованности позволило разделить карбонатную толщу Воронцовского месторождения на три класса (табл.2) и рекомендовать для них ориентировочные углы наклона бортов, откосов уступов (табл.3).

Таблица 2

Характеристика классов устойчивости пород карбонатной толщи в откосах уступов и бортах проектируемых карьеров

Показатели	Класс устойчивых пород	
	1-2 устойчивые, средней устойчивости	За-низкой устойчивости
Выход керна, %	40-80	40-60
Модуль открытой трещиноватости, тр/м	5-10	10-20
Модуль кусковатости, ст/м	5-10	10-15
Показатель состояния пород, %	20-40	5-20
Интенсивность закарстованности	Коэффициент закарстованности составляет 3-10%	Коэффициент закарстованности составляет 10-15%
Прочность на одноосное сжатие, МПа	80-145	Менее 80
Инженерно-геологическая характеристика	Породы устойчивые, но в отдельных участках будут возникать локальные обрушения и вывалы.	Породы неустойчивые интенсивно раздроблены, возможны образования осыпей, вывалов обрушений по контактам карстового заполнителя и известняков

Таблица 3

Рекомендуемые ориентировочные углы наклона бортов в породах карбонатной толщи

Характеристика горных пород	Углы наклона бортов, град	Углы наклона уступов, град.	
		рабочих	нерабочих
Известняки; мраморизованные известняки; брекчированные известняки; борт лежащего бока при падении слоев 5-25 град	30-32	65-75	50-55
Интенсивно закарстованные в интервалах глубин 40-80 м III-а класс устойчивости	30-35	65-70	50-55
слабозакарстованные, слаботрещиноватые II-класс устойчивости	35-40	70-75	65
Интенсивно трещиноватые, участками раздробленные до обломочно-глинистого состояния III-а класс устойчивости	30-35	50	45

Выводы

1. Одним из основных инженерно-геологических условий, определяющих условия отработки Воронцовского месторождения, является развитие в его пределах полосы карбонатных пород и связанных с ними процессов карстообразования.

2. Развитие карста на рассматриваемом объекте определяется наличием зон повышенной трещиноватости, раздробленности пород, контактами пород различного петрографического состава.
3. Количественная оценка степени закарстованности позволила провести районирование массивов карбонатных пород и выделить три блока, различающиеся по степени и характеру закарстованности.
4. Анализ инженерно-геологических особенностей карбонатной толщи позволил построить инженерно-геологическую модель месторождения и рассчитать углы наклона бортов и уступов проектируемого карьера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аносова Л.А., Зиангиров Р.С. Инженерно-геологические особенности элювия карбонатных пород. - М.: Наука. - 1986. - 110с.
2. Лыкошин А.Г., Мальков Л.А. Карст и строительство гидротехнических сооружений. - М.: Гидропроект, 1992. - 320с.
3. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. - Л.: ВНИМИ, 1972. - 163с.
4. Плотников И.И. Инженерно-геологические и гидрогеологические проблемы освоения бокситовых месторождений Урала: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. - Л., 1987. - 35с.
5. Шабурников А.В. Разработка методики определения углов наклона бортов и уступов карьеров в условиях закарстованных месторождений (на примере Ачинской группы): Дис. ... канд. техн. наук. - Фонды УГГА, 1968.

УДК 624.438:622.271

В.Г.Зотеев, Т.К.Костерова, С.Н.Тагильцев

ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ И ЗАХОРОНЕНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

За более чем 250-летнюю историю развития горно-металлургической базы территория Свердловской области заплатила дорогую цену: около 1500 кв.км ее территории заняты отвалами пород и некондиционных руд, хвосто- и шламохранилищами, шлако- и золоотвалами и свалками промышленных отходов с весьма пестрым химическим составом. Поскольку основная часть этих образований представлена отходами горно-металлургического производства, объем которых превышает $30 \cdot 10^9$ т, то с экологических позиций именно они представляют наибольшую угрозу для флоры и фауны. Более того, именно наличием этих техногенных образований Урал и, прежде всего, Свердловская область обязана аномально высоким фоновым загрязнениям подземных и поверхностных вод солями тяжелых металлов (медь, цинк, железо, марганец и т.п.) [2].

Обстоятельства, из-за которых техногенные образования горно-металлургической промышленности послужили основной причиной не только локального, но и регионального загрязнения подземных и поверхностных вод, сводятся к следующему:

1. Фоновая минерализация грунтовых и поверхностных вод определяется минеральным составом пород, слагающих гидравлически активную часть литосферы. В пределах этой зоны идет активная циркуляция воды, связанная с выпадением атмосферных осадков, их инфильтрацией в почву и подстилающую породу с последующей разгрузкой в поверхностные источники. Поскольку в естественных условиях за сотни тысяч лет минералы с высоким произведением растворимости в пределах зоны активного водообмена оказались практически полностью растворены, то общая минерализация воды (за исключением районов с обнажениями сульфатов и хлоридов) относительно мала и тяжелые металлы в ней практически отсутствуют.

2. При разработке месторождений полезных ископаемых вместе с кондиционной рудой извлекаются большие объемы вмещающих пород и некондиционных руд, складированных в отвалы. Кондиционные руды после их измельчения проходят цикл обогащения, при котором из них извлекается большая часть рудных минералов, а оставшаяся часть вместе с хвостами и шламами складирована на земной поверхности.