

V. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 624.131.43:622

И.В.Абатурова, Э.И.Афанасиади

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД ВОРОНЦОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Основная тенденция современного горного производства заключается в отработке полезных ископаемых, залегающих в пределах глубоких горизонтов земной коры и соответственно в сооружении карьеров и подземных горных выработок.

Необходимость выбора оптимальных технических и технологических решений, учитывающих инженерно-геологические условия месторождений, требует детального исследования их компонентов и, в частности, инженерно-геологических особенностей пород. Недоучет этих особенностей может привести к увеличению значения коэффициента запаса при расчете устойчивости сооружений, при которых каждый градус угла заложения откоса выливается в дополнительные миллионы куб метров вскрыши и, соответственно, увеличивает затраты на разработку месторождения.

В геологическом строении Воронцовского месторождения принимают участие туфы, туфопесчаники, туфоалевролиты, андезиты, которые подстилаются мраморизованными и брекчированными известняками. Для месторождения характерно блоковое строение, тектонические нарушения носят сдвиго-, сдвиго-надвиговый характер.

Процесс рудообразования месторождения был сопряжен с процессами метаморфизма и метасоматоза. Метасоматические процессы включают лиственизацию, березитизацию, железисто-магниевою базификацию, грейзенизацию, аргиллизацию горных пород. В пределах изучаемого месторождения широко развиты мезозойские коры выветривания и глубинный карст.

Таким образом, одними из основных компонент инженерно-геологических условий, определяющих технологию отработки месторождения, являются петрографический состав пород и их физико-механические свойства, тектоническая обстановка и связанные с ней трещиноватость и блочность пород, наличие коры выветривания, развитие глубинного карста [1].

В пределах месторождения по инженерно-геологической классификации выделены 2 класса пород: 1) скальных горных пород; 2) рыхлых и мягких связных горных пород. Класс скальных пород представлен следующими группами: осадочными, вулканогенно-осадочными, вулканогенно-кlastическими, эффузивными, субвулканическими и интрузивными. Наибольшим распространением в пределах месторождения пользуются осадочные горные породы: известняки, брекчии известняка и брекчированные известняки.

Породы, слагающие разрез месторождения, подвергались различным по времени действия и характеру проявления метасоматическим процессам, выразившимся в окварцевании, амфиболитизации, биотитизации, глинизации пород, что и вызвало дифференциацию показателей физико-механических свойств.

Анализ изменений частных значений показателей плотности, временного сопротивления одноосному сжатию и разрыву по глубине обнаружил скачкообразную незакономерную изменчивость показателей свойств, что позволило охарактеризовать основные типы пород расчетными значениями характеристик (табл. 1).

Значительным распространением в пределах месторождения и особым положением в классе скальных пород пользуется группа тектонически раздробленных пород. В результате тектонических процессов дроблению были подвергнуты все минеральные типы пород, слагающие месторождение. Мощность тектонически раздробленных пород изменяется в широких пределах: увеличивается до 150 м в зонах тектонических нарушений и изменяется до 0,3 - 1,0 м по мере удаления от них.

Тектониты - это дресвяно-щебнистые, дресвяно-щебнисто-глинистые, глинисто-дресвяно-щебнистые породы. Размер обломков составляет от 1,2 до 6 см. По данным гранулометрического состава количество обломочного и глинистого материала составляет соответственно 16-75 и 16-74 %, что определяется степенью тектонической проработки и минеральным составом материнских пород.

Таблица 1

Показатели физико-механических свойств рыхлых и связных пород

Петрографический и литологический тип пород	Физико-механические свойства						
	естественная влажность W_e , д.ед.	плотность ρ , г/см ³	плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³	плотность сухого грунта ρ_d , г/см ³	пористость n , %	верхний предел W_L , д.ед.	нижний предел W_p , д.ед.
1	2	3	4	5	6	7	8
Покровные отложения	0,11-0,38 0,26(24)	1,84-2,25 2,02(24)	2,67-3,08 2,78(24)	1,32-2,03 1,62(24)	27,0-56,0 42(24)	0,25-0,71 0,4(24)	0,14-0,33 0,20(24)
Карстовые образования (Северная залежь)	0,22-0,38 0,26(24)	1,27-2,54 1,98(21)	2,64-3,38 2,90(25)	0,89-2,35 1,56(21)	21,5-75,3 46,1(21)	0,23-0,71 0,46(24)	0,17-0,85 0,26(24)
Карстовые образования (Южная залежь)	0,08-0,5 0,29(89)	1,65-2,54 2,01(70)	2,69-3,58 2,88(70)	1,15-2,35 1,59(70)	30,0-59,0 45(70)	0,23-0,68 0,47(89)	0,14-0,84 0,27(89)
Кора выветривания бесструктурная	0,10-0,40 0,27(16)	1,60-2,25 1,94(16)	2,70-2,90 2,80(16)	1,0-2,15 1,53(16)	20,0-50,0 44(16)	0,30-0,60 0,45(16)	0,15-0,39 0,26(16)
Структурные коры выветривания (по туфам и туфопесчанникам)	0,03-0,37 0,39(48)	1,76-2,49 2,26(44)	2,67-3,25 2,78(44)	1,29-2,24 1,63(48)	17,7-53,8 42(44)	0,23-0,6 0,41(48)	0,16-0,36 0,26(48)
Кора выветривания рудная	0,03-0,30 0,17(22)	2,02-2,8 2,23(18)	2,70-3,15 2,87(18)	1,15-2,3 1,89(22)	20,0-45,0 34(18)	0,24-0,55 0,34(21)	0,14-0,28 0,20(21)
Тектонически раздробленные породы	0,04-0,22 0,11(11)	1,50-2,85 1,94(6)	2,7-3,48 2,86(6)	1,67-2,06 1,87(6)	21,0-44,0 32,1(6)	0,15-0,46 0,21(11)	0,11-0,24 0,13(11)

Петрографический и литологический тип пород	Физико-механические свойства							
	число пластичности J_p , д.ед.	набухание ss , д.ед.	угол внутреннего трения ϕ , град.	удельное сцепление C , МПа	фракция глины, %	фракция пыли, %	фракция песка, %	фракция крупнообломочн., %
8	9	10	11	12	13	14	15	16
Покровные отложения	0,11-0,41 0,20(24)	0,006-0,18 0,06(14)	6-13 9(10)	0,017-0,12 0,09(10)	6,4-56,4 28,0(24)	19,3-53,5 39(24)	23,0-50,7 35(24)	0,6-32,1 11(24)
Карстовые образования (Северная залежь)	0,04-0,41 0,20(24)	0,017-0,06 0,08(4)	20 15(1)	0,084 0,186(2)	9,2-52,6 27,8(22)	15,5-48,8 35,4(22)	0,5-38,1 23,6(22)	0,1-39,6 15,1(22)
Карстовые образования (Южная залежь)	0,09-0,35 0,21(89)	0,017-0,14 0,07(30)	8-27 15(27)	0,067-0,225 0,13(27)	8,2-65,8 37,3(89)	14,3-61,9 32,6(89)	4,4-25,7 15,2(89)	0,4-66,9 16,1(89)
Кора выветривания бесструктурная	0,09-0,35 0,19(16)	0,04-0,18 0,10(10)	- 9(3)	- 10(3)	10,0-60,0 39,0(16)	15,0-50,0 24,4(16)	7,0-29,0 24,4(16)	10,0-60,0 17,6(16)
Структурные коры выветривания (по туфам, туфопесчанкам)	0,06-0,32 0,16(48)	0,008-0,18 0,09(13)	11-27 18(8)	0,05-0,1 0,13(8)	8,5-56,1 18(48)	21,5-45,2 31(48)	1,6-25,0 30,0(48)	0,1-50,0 15,0(48)
Кора выветривания	0,08-0,30 0,17(21)	-	-	-	12,0-55,0 25,2(21)	22,8(21)2 22,8-21	5,0-35,0 33,1(21)	5,0-52,0 9,7(21)
Тектонически раздробленные породы	0,02-0,24 0,08(11)	-	-	-	7,5-40,8 17,0(11)	7,5-30,8 14,0(11)	8,6-36,7 29,0(11)	3,2-63,2 40,4(11)

Примечание. 0,022-0,38 – вверху значения показателей
0,23(24) – внизу средние значения показателей, в скобках – количество определений.

Изучение водно-физических свойств тектонитов показывает, что они обладают довольно высокими значениями плотности $2,02-2,2 \text{ г/см}^3$ при среднем значении $2,17 \text{ г/см}^3$, повышенными значениями пористости (25-44 %) и невысокими значениями влажности (0,07-0,2 д.ед.).

Таблица 2

Классификация пород по степени трещиноватости

Категория по степени трещиноватости	M_T	M_K	RQD	I	BK	n
Слаботрещиноватые	Менее 6	Менее 7	40 и более	Более 0,15	80-100	<20
Среднетрещиноватые	6-10	7-12	20-40	0,1-0,15	40-80	20-50
Сильнотрещиноватые	10-16	12-16	5-20	0,07-0,1	20-40	50-80
Раздробленные	Более 16	Более 16	Менее 5	Менее 0,07	Менее 20	>80

Примечание. M_T - модуль общей трещиноватости, тр/м; M_K - модуль кусковатости, кус/м; RQD - показатель состояния пород.
% I - размер среднего линейного блока, м; BK - выход керн, %; n - количество зон дробления, %.

Второй класс рыхлых и мягких связных пород состоит из двух групп: группы мягких связных горных пород, представленных широко развитыми на месторождении корами выветривания триас-юрского возраста, мезозойскими пролювиально-делювиальными карстовыми отложениями, и группы покровных отложений, сложенных аллювиальными и аллювиально-

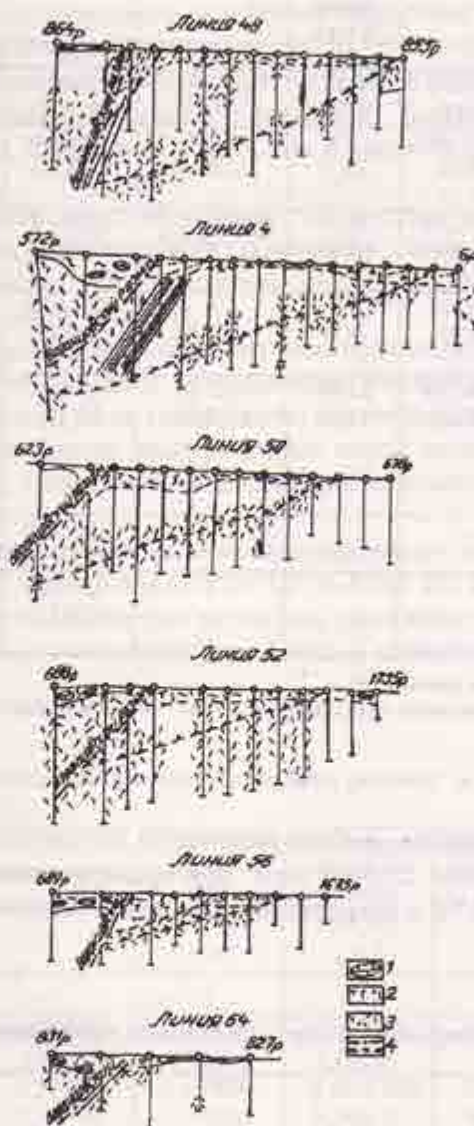


Рис. 1. Мощность зон тектонического дробления и их распространение вблизи Воронцовского разлома и оперяющих нарушений М 1:50000:

- 1 - заполнитель карстовых полостей;
- 2 - структурные коры выветривания;
- 3 - тектонически раздробленные породы;
- 4 - линии разломов

делювиальными глинами, торфами, озерно-болотными илами и техногенными образованиями. Мощность вскрышных покровных пород варьирует в широких пределах от первых единиц до 25 метров.

Анализ данных водно-физических и прочностных свойств показал, что породы этого класса представлены глинами полутвердой и твердой консистенции с низкой коллоидной активностью ($A_k=0,4-0,5$), что позволяет охарактеризовать глинистые породы как неактивные, слабогидрофильные. По гранулометрическому составу глины относятся к тяжелым и пылеватым, неоднородным с включениями песка, гальки, дресвы и гравия до 25 %. Анализ показателей плотности, естественной влажности, верхнего и нижнего пределов пластичности обнаружил скачкообразную незакономерную изменчивость показателей свойств с глубиной, что позволило покровные отложения выделить в отдельный инженерно-геологический элемент и охарактеризовать его статистическими показателями свойств (табл.2).

Карстовые образования представлены глинами с включениями гравия, дресвы, гальки, обломков и глыб известняка до 60-80 см в поперечнике, дресвяно-щебнистыми образованиями с суглинками и глинами в заполнителе с включениями лимонита, порошковатых разностей мартитовой руды и смещенными (обрушившимися в карстовые полости) корами выветривания. Мощность карстовых образований весьма изменчива, она варьирует от первых единиц метров до десятков метров в пределах северной части месторождения. Карстовые образования выполняют карстовые депрессии, которые имеют различные формы в плане: вытянутые в меридиональном направлении, асимметричной формы, соединяющей несколько карстовых котловин.

Породы характеризуются чрезвычайной неоднородностью в плане и разрезе по составу и показателям физико-механических свойств. По гранулометрическому составу образования дресвяно-щебнисто-глинистые, глинисто-дресвяно-щебнистые. Содержание глинистой фракции изменяется в широких пределах: от 11 до 50 %.

Широко развитые на месторождении коры выветривания туффосечаников, туфоалевролитов, туфов, диабазовых порфиритов неоднородны в плане и разрезе по составу, свойствам и представлены глинисто-щебнисто-дресвяными образованиями. Анализ данных инженерно-геологического опробования кор выветривания с сохранением макроструктуры материнских пород и бесструктурных, изучение закономерностей изменения значений показателей состава и свойств по глубине позволили выделить в глинисто-дресвяной и глинистой зонах следующие инженерно-геологические элементы и охарактеризовать их расчетными показателями: бесструктурная кора выветривания, структурная и рудные интервалы коры выветривания (см.табл.1).

Мощность структурных кор изменяется от 20-30 до 60-80 м. Породы структурной коры выветривания по числу пластичности: глины, суглинки с включениями крупнообломочной фракции до 15-35 %, средненабухающие. Бесструктурные коры выветривания также представлены глинисто-дресвяными образованиями. Глинистая составляющая суглинки, редко глины твердой, полутвердой консистенции, средненабухающие.

Одним из основных компонентов, определяющих выбор технологических решений обработки месторождения, является тектоническая нарушенность, трещиноватость и блочность пород. Рассматриваемое месторождение приурочено к зонам крупных тектонических разломов субмеридионального и субширотного простираний с оперяющими его более мелкими нарушениями, обусловившими его блоковое строение и широкое развитие зон дробления мощностью от 0,1-120,0 м (рис.1). На месторождении выделены литогенетические, тектонические и экзогенные трещины. Литогенетические трещины прослеживаются на всю глубину массива и совпадают с поверхностями напластования. Тектонические трещины выдержаны по простиранию, параллельны оси керна и наклонены к ней. Поверхности трещин с бороздами, штрихами и зеркалами скольжения. Трещины залечены кварцем, кальцитом, хлоритом, часто без заполнителя. Экзогенные трещины выветривания и карстообразования, разноориентированные, заполненные карбонатом, хлоритом, гидроокислами железа [2].

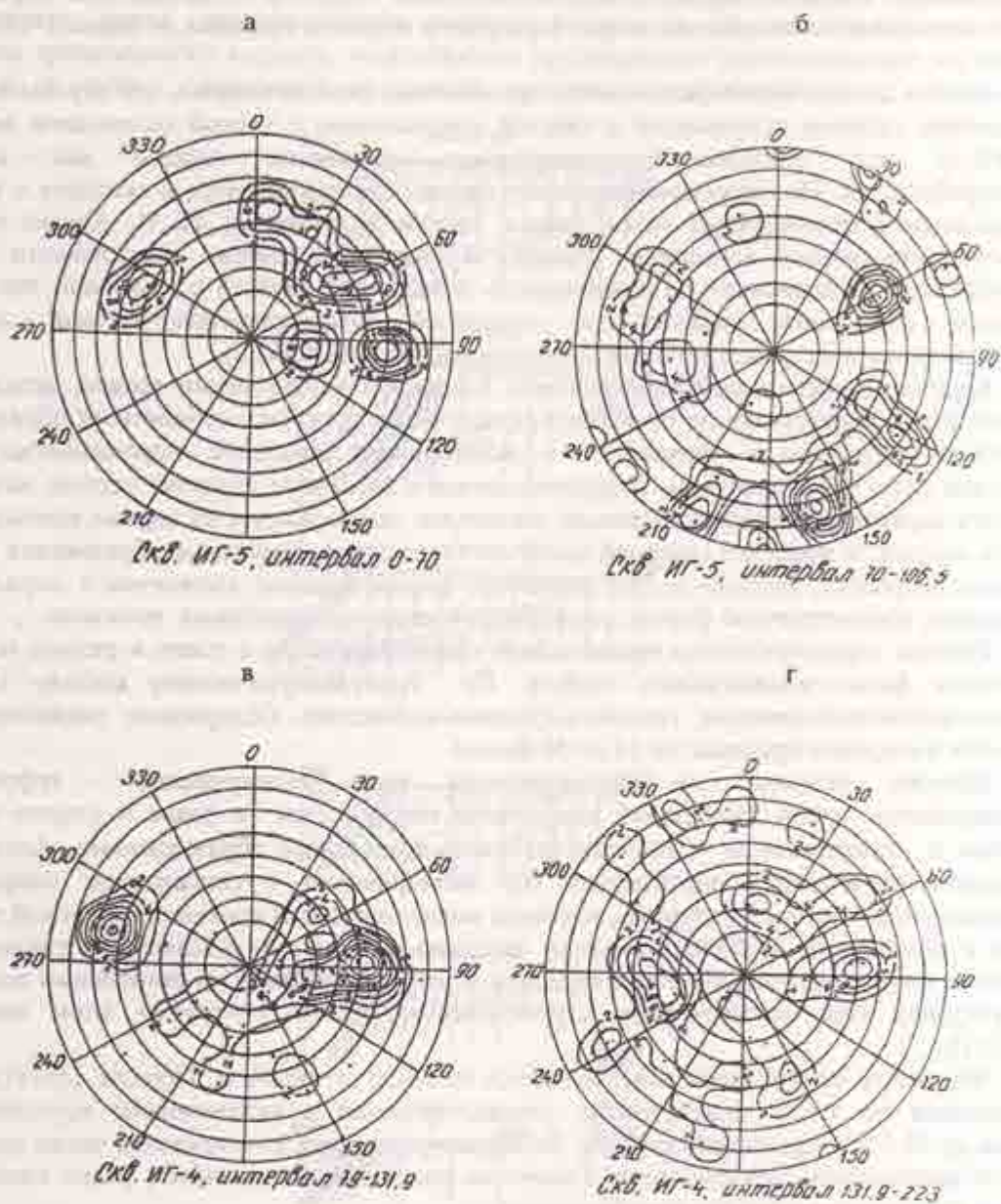


Рис.2. Диаграммы трещиноватости известняков по данным телефотометрии на различных глубинах (а, б, в, г)

Судя по геолого-тектоническим условиям, данным инженерно-геологической документации, степень трещиноватости в пределах месторождения крайне неравномерная и меняется по простиранию и падению пород. Анализ изменения до глубины 350 м показателей трещиноватости показал "стационарный" тип изменчивости.

Унаследованность систем трещин различного генезиса, длительность их формирования, разнонаправленный характер подвижек существенно затрудняют изучение и реконструкцию

систем трещин. Однако закономерности в ориентировке трещиноватости удалось выявить с помощью диаграмм (рис.2). Это трещины преимущественно сколового характера с ровными, гладкими поверхностями. В строении отдельных трещин отмечаются смещения, раздувы, пережимы субвертикальных трещин, наличие четких зеркал скольжения. По всем системам трещин развиты корочки и налеты гидроокислов железа, карбонатов, хлоритов.

При инженерно-геологическом изучении трещиноватости по керну из-за неориентированности его в пространстве трудно выделить системы трещин и определить блочность пород. Авторами для определения среднего линейного блока был использован статистико-генетический метод, на основании которого и была выполнена классификация пород (см.табл.2) [2].

Логическим завершением инженерно-геологических исследований месторождений полезных ископаемых является прогнозирование инженерно-геологических условий, которые и определяют выбор оптимальных технических и технологических решений отработки месторождения [3,4].

В основу прогнозирования инженерно-геологических условий Воронцовского месторождения положены: геолого-структурное строение месторождения, физико-механические свойства горных пород, степень тектонической нарушенности пород, наличие поверхностей ослабления, он дробления, дискования. Выделены следующие типы инженерно-геологических участков:

I-II класс - устойчивые, средней устойчивости участки сложены в основном скальными породами со слабой и средней степенью трещиноватости, высокопрочными (вулканогенно-осадочными, эффузивными, интрузивными, вулканокластическими и слабо закарстованными известняками). В пределах пород этих классов устойчивости коэффициент и модуль зон дробления (отношение суммарной мощности зон дробления к содержащей их вскрытой мощности разреза: модуль зон дробления - отношение количества вскрытых зон дробления к вскрытой мощности разреза) не превышает 5-10 %: в этой части карьерного поля могут наблюдаться осыпи с вывалом, обрушениями в зонах дробления различных масштабов при вскрытии локальных поверхностей и зон (0,05-0,20 м мощностью) ослабления.

III класс - низкой устойчивости, участки дифференцированы на:

III^а - участки, сложенные скальными породами сильнотрещиноватыми и закарстованными, со значительными величинами коэффициента (более 10 %) и модуля (более трех) зон дробления, в их пределах возможно развитие следующих инженерно-геологических явлений: осыпей с вывалами и обрушениями, смещение блоков, сильнораздробленных (тектонитов) рассланцованных, смятых пород, даже оползней в случае вскрытия скальных пород, подстилаемых глинисто-щебнистыми кораи, карстовыми образованиями;

III^б - участки низкой устойчивости, сложены кораи выветривания дезинтегрированными, структурными, смещенными, переотложенными, карстовыми образованиями и могут разрабатываться только в условиях опережающего водопонижения в связи со значительными величинами относительного набухания, пластичности, склонностью к пучению, сравнительно легкой размываемостью глинистой составляющей в кораи и карстовых образованиях.

Участки месторождения IV класса устойчивости - неустойчивые, представлены в основном глинистыми отложениями, заторфованными грунтами различного генезиса. В пределах этого типа участков будут наблюдаться сплывы, оплывины, оползни, обусловленные пластичностью, набуханием покровных отложений.

Таким образом, основными компонентами, определяющими условия отработки Воронцовского месторождения, являются геолого-структурное строение, физико-механические свойства горных пород, степень и характер тектонической нарушенности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абагурова И.В., Афанасиади Э.И. Комплексная оценка степени трещиноватости и прогноз устойчивости бортов проектируемых карьеров на стадиях разведки месторождений //Геология и разведка. - 1992. - №6. - С.74-80.
2. Бармин Е.Н., Коломенский Е.Н. Опыт применения факторного анализа к оценке трещиноватости скальных массивов //Проблемы инженерной геологии в связи с рациональным использованием геологической среды: Тез.докл. Всесоюз. научн. конф. - Л., 1976. - С.41-56.
3. Вайтекунас К.-А.К., Дончук А.А. Возможности предварительной оценки устойчивости массивов пород на стадии разведки месторождений //Инженерная геология. - 1989. - №4. - С.54.
4. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. - Л.: Недра, 1986. -

УДК 556.31

А.И.Семячков

МЕТОДИКА ПРОГНОЗА КАЧЕСТВА ТЕХНОГЕННЫХ ВОД

Свердловская область исторически основывается на горнорудной и металлургической промышленности. В результате длительной (около 300 лет) и интенсивной разработки месторождений и переработки минерального сырья в области накоплено 7,5 млрд тонн отходов, складированных в отвалах и хранилищах. Все эти образования, с одной стороны, содержат токсичные элементы, главным образом тяжелые металлы, в достаточно высоких концентрациях, с другой, - находящиеся в них отходы сильно диспергированы. Это обуславливает интенсификацию процессов физико-химического взаимодействия техногенных образований (ТО) с окружающей средой [3]. Главным агентом взаимодействия техногенных образований с окружающей средой является вода с растворенными газами и химическими веществами. Процессы, происходящие в ТО, весьма разнообразны. Основные из них: окисление, гидратация, растворение и выщелачивание. В результате этих процессов в пределах техногенного образования могут формироваться техногенные воды (ТВ), существенно отличающиеся по составу от поверхностных и подземных вод данного района. При неблагоприятных условиях (фильтрация через ограждающие дамбы и дно хранилищ, сток по пониженным частям рельефа в отвалах) техногенные воды окажут негативное воздействие на поверхностные и подземные.

1. Основные факторы и процессы, определяющие формирование качества ТВ

Основные факторы, определяющие качество техногенных вод, следующие:

1. Условия складирования отходов.
2. Морфометрические параметры и расположение на рельефе техногенного образования.
3. Химический состав отходов и концентрация потенциальных загрязняющих компонентов в отходах.
4. Минералогический состав отходов.
5. Гранулометрический состав отходов и их неоднородность.
6. Гидрометеорологические факторы.