

ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СЕРНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУЛЬ-ЮРТ-ТАУ

Месторождение Куль-Юрт-Тау расположено в Баймакском районе в 5 км к северу от г. Баймака (восточный склон горы Куль-Юрт-Тау). Оно открыто в 1914 г. Южно-Уральским Горным Акционерным обществом. Зона окисления месторождения, представленная золотосодержащими бурами железняками, обрабатывалась с 1932 г. подземным, а в 1945–1958 гг. открытым способами. В 1936–1941 гг. переработка руды осуществлялась амальгамационной фабрикой; хвосты амальгамации подвергались цианированию. В 1942–1961 гг. на месторождении работал перколяционный завод производительностью 1,6 тыс. т руды в месяц. Извлечение золота достигало 70%. В последние годы существования завода проводилась повторная переработка хвостов собственного производства прошлых лет. Всего за время разработки месторождения, по неполным сведениям, добыто 315,0 тыс. т руды.

В последующие годы (1973–1976 гг., 1984–1986 гг.) БМСК добывал на месторождении высококачественные серноколчеданные руды для поставок на экспорт и никелевые предприятия СССР. За время разработки месторождения БМСК добыто 867 тыс. т руды. Добывался и отгружался потребителям колчедан с массовой долей серы не менее 45%. Руды, не соответствующие требованиям кондиций, складировались в отвалы вместе с вскрышными породами.

Породы, слагающие основную часть бортов карьера, относятся к рядовому пиррофиллит-кварцевому типу сырья. Помимо пиррофиллит-кварцевых пород, в южном, северном и восточном бортах карьера (в верхнем уступе) обнажаются фрагменты бурожелезняковых залежей. Площадь карьера — 7,3 га, глубина — 90 м, нижняя часть его затоплена водой.

Основная часть вскрыши размещена в отвалах на западном, южном и юго-восточном бортах карьера. Они сложены кварц-пиррофиллитовыми метасоматитами с незначительной примесью базальтов. Среди пиррофиллитовых пород выделяются сланцеватые плитчатые разности серебристо-серого цвета с шелковистым блеском за счет обильных пленок и прожилков пиррофиллита. В породах присутствуют вкрапления пирита и выцветы самородной серы за счет его окисления. Объем складированных пород в отвалах — 1,2 млн. м³ (3,12 млн. т).

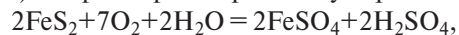
На северо-восточном борту карьера складированы некондиционные по содержанию серы колчеданные руды и вскрышные кварц-пиррофиллитовые породы. Отвал протягивается на 250 м при ширине 100 м и средней высоте 10 м. В южной части отвала содержание серы — 20,2%, меди — 0,1%, цинка —

0,01%. Северная часть содержит серы — 12,5%, меди — 0,05%, цинка — 0,002%. В целом, в количестве 500 тыс. т, по своему составу это пиритно-пиррофиллитовая руда, ценные компоненты которой — пиррофиллит и высококачественный низкомедистый пирит. Выделяются богатые и бедные серой руды.

На юго-восточном борту карьера имеется компактный отвал бурых железняков и глин коры выветривания объемом 50 тыс. т.

Хвосты переработки перколяционной фабрики объемом около 50 тыс. м³ (100 тыс. т) складированы на северном борту карьера. Материал хвостов представляет собой низкошламистую дресвяно-песчанистую массу с обломками бурых железняков (10–15%) и сложен кварцем, серицитом, лимонитом, гематитом, гидрогематитом, каолином, пиритом. В хвостах содержится: Cu — 0,03%, Zn — 0,04%, Pb — 0,01%. На месторождении Куль-Юрт-Тау накоплено порядка 3,7 млн. т твердых отходов [Абдрахманов, 2005].

По нашим данным, в районе серноколчеданного месторождения Куль-Юрт-Тау развиты гидрокарбонатные натриевые и кальциевые воды с минерализацией в пределах 0,1–0,53 г/дм³. По мере приближения к рудному телу гидрокарбонатные воды переходят в типично сульфатные кислые полиметалльные воды с минерализацией до 2,5 г/дм³ [Черняев, Черняева, 1973]. Состояние подземных вод ухудшается стоком жидких отходов с техногенно-минеральных образований: внешних отвалов вскрышных пород и некондиционных руд, хвостохранилищ и карьеров. Гипергенные изменения рудных минералов приводят к переводу труднорастворимых сульфидов (пирит, халькопирит, сфалерит и проч.) в хорошо растворимые сульфаты:



$\text{CuFeS}_2 + 4\text{O}_2 = \text{CuSO}_4 + \text{FeSO}_4$, $\text{ZnS} + 2\text{O}_2 = \text{ZnSO}_4$ и т. д. Все эти окислительные трансформации сопровождаются переходом в дренажные воды горных выработок и в фильтраты твердых отходов значительной концентрации водород-иона, что определяет снижение рН этих вод и, соответственно, резкое увеличение их окислительно-восстановительного потенциала (E_h до +800 мВ), и формирует четвертый тип вод в которых $[\text{HCO}_3] = 0$. При непрерывном образовании H_2SO_4 , H_2S , $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$, S^0 , SO_3^{2-} , насыщении диоксидом углерода и понижении рН возникают условия, благоприятные для сернокислотного выщелачивания. Сероводород, наряду с иными формами серы, — источник энергии для ряда специфических бактерий (*Thiobacillus*), которые еще больше понижают значение водородного

потенциала и влияют на подвижность гидролизатов. В результате в зоне влияния горных выработок и техногенных образований формируются обширные гидрогеохимические поля аномально кислых сульфатных вод, характеризующихся увеличением концентраций тяжелых металлов и других элементов [Абдрахманов, 2005].

Наиболее опасными среди стоков являются подотвальные воды: их минерализация достигает величин, сопоставимых с минерализацией морских вод и подземных рассолов. Минерализация подотвальных вод месторождения Куль-Юрт-Тау достигает 65–107 г/дм³ при pH от 1,65 до 2,75 и Eh +400 мВ. Воды содержат (в скобках превышение ПДК для вод рыб.-хоз. значения): железо — до 10000 мг/дм³ (10000); медь — до 26,81 (26813); цинк — 12,51 (1251); кобальт — 12,04 (1204); никель — 1,31 (131,1); ртуть — до 0,00021 (21) и проч. В таблице представлены содержания отдельных микроэлементов в стоках месторождения Куль-Юрт-Тау.

По данным откачек из разведочного шурфа проводился расчет коэффициента фильтрации (k) стоков в рыхлых отложениях района месторождения Куль-Юрт-Тау. По имеющимся условиям наиболее приемлема для расчетов формула Замарина для несовершенного колодца с проницаемыми стенками и открытым плоским дном [Скабалланович, 1960]:

$$k = \frac{Q}{1,36 \cdot (l_0^2 - l^2) + 4rS \lg R - \lg r},$$

где Q — дебит колодца, в нашем случае 1,964 м³/сутки; R — радиус влияния колодца, 3 м; r — радиус круглого в сечении колодца, 0,391 м; l_0 — расстояние от дна колодца до статического уровня подземных вод, 1,8 м; l — расстояние от дна колодца до пониженного уровня подземных вод, 1,3 м.

Коэффициент фильтрации, определенный при подстановке в формулу вышеуказанных значений,

Таблица

Содержание микроэлементов в стоках месторождения Куль-Юрт-Тау

Элемент	Юг отвала	Подземные воды	Карьер	Середина отвала	Север отвала
Li	0,2	0,3	0,03	0,4	0,09
Be	0,02	0,03	0,005	0,03	0,02
Cr	0,4	1,2	0,03	0,9	0,2
Sr	0,9	0,9	0,5	1,6	0,9
Y	0,3	0,4	0,03	0,3	0,2
Mo	9,2	0,01	0,05	6,5	0,2
Cd	0,08	0,05	0,02	0,06	0,02
Sb	0,002	0,0009	0,0004	0,001	0,001
Ba	0	0,1	0,04	0,5	0,06
La	0,5	0,6	0,09	1,01	0,2
Ce	1,2	1,8	0,2	2,2	0,7
Pr	0,1	0,2	0,02	0,2	0,08
Nd	0,7	0,8	0,09	0,8	0,3
Sm	0,2	0,2	0,03	0,1	0,09
Eu	0,04	0,06	0,007	0,04	0,03
Gd	0,2	0,2	0,02	0,1	0,08
Tb	0,02	0,03	0,002	0,02	0,02
Dy	0,1	0,2	0,01	0,09	0,06
Ho	0,02	0,04	0,002	0,02	0,01
Er	0,04	0,09	0,006	0,03	0,03
Tm	0,005	0,01	0,0006	0,005	0,005
Yb	0,06	0,08	0,004	0,04	0,03
Lu	0,01	0,01	0,0005	0,003	0,004
Ta	0,01	0,0006	0,0005	0,005	0,02
Tl	0,002	0,0004	0,0003	0,006	0
Pb	0,2	0,05	0,03	0,8	0,03
Th	0,2	0,1	0,005	0,8	0,08
U	0,3	0,5	0,04	0,2	0,2

равен 0,62 м/сутки. Действительная скорость фильтрации с учетом пористости отложений верхней гидрогеодинамической зоны ($p \approx 0,3$) определена по формуле $u = k/p$ и равна 2,07 м/сутки.

По полученным результатам произведен расчет объема фильтрационных стоков от месторождения до р. Таналык. Расчет проводился по методу Дарси для граничного пласта с ламинарным движением потока по формуле [Скабалланович, 1960]:

$$Q = K_{\phi} \cdot J \cdot W \text{ м}^3/\text{сутки},$$

где K_{ϕ} — коэффициент фильтрации горных пород; J — гидравлический уклон потока подземных вод; W — площадь поперечного сечения потока (5000 м²).

Подстановкой данных значений в формулу получен приблизительный расход подземного потока сточных вод от отвалов до р. Таналык. Объем стоков равен 124 м³/сутки.

Для более точных гидрогеологических расчетов необходимо заложить сеть наблюдательных скважин по направлению движения вод в сторону местного базиса эрозии — реки Таналык, места разгрузки грунтовых вод (рис.).

Р.М. Ахметов благодарит Президиум Российской Академии Наук за финансовую помощь в рамках программы «Поддержка молодых ученых» (договор М-4).

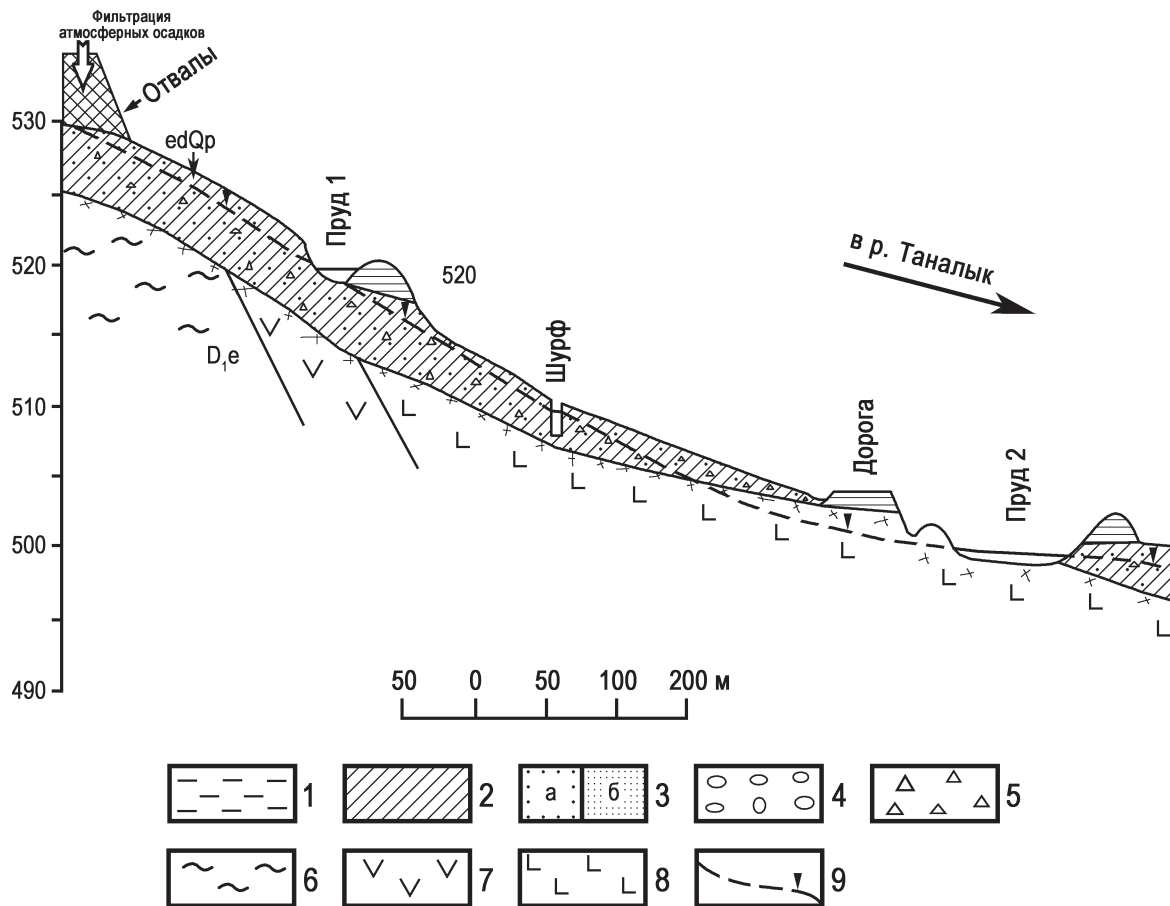


Рис. Схематический гидрогеологический разрез района месторождения Куль-Юрт-Тау

1 — глины, илы; 2 — суглинки, супеси; 3 — пески грубозернистые (а), отсортированные (б); 4 — галька, валуны; 5 — дресва, щебень; 6 — сланцы серицит-кварцевые и серицит-хлорит-кварцевые; 7 — андезитовые порфириды; 8 — основные эффузивы; 9 — уровень грунтовых вод

Литература:

Абдрахманов Р.Ф. Гидрогеоэкология Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2005. 344 с.
Скабалланович И.А. Гидрогеологические расчеты. М.: Госгортехиздат, 1960. 407 с.

Черняев А.М., Черняева Л.Е. Очерки по гидрохимии подземных вод (Южный Урал и Зауралье). Свердловск: Средне-Уральское кн. изд-во, 1973. 196 с.