

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И РАСЧЕТ ПРОГНОЗНЫХ ВОДОПРИТОКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КЫЗЫЛ-ДАШТЫГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

*Ондар Э-Д.В., Монгуш А.Д., Куулар О.О.*  
*Тувинский государственный университет, Кызыл*

**Ключевые слова:** месторождение, отложения, водоприток, атмосферные осадки, трещинные воды, верховодка, грунтовые воды, скальные и полускальные породы, коэффициент фильтрации, мощность водоносного горизонта.

**Аннотация.** Район относится к области распространения вечной мерзлоты, которая установлена подземными горными выработками до глубины 100 м. Мощность деятельного слоя в зависимости от типа грунтов и экспозиции склонов колеблется от 1,0 до 2 м. Годовое количество осадков составляет 530-602 мм. Выпавшие в течение года атмосферные осадки по сезонам распределяются неравномерно. Так, за апрель-октябрь в результате развития циклонической деятельности выпадает более 70% от общего количества осадков. Максимум их приходится на июль-август. В данной работе рассмотрены гидрогеологические условия месторождения Кызыл-Даштыг. На участке Кызыл-Даштыгского месторождения имеются следующие типы подземных вод: верховодка; воды аллювиальных отложений реки Кызыл-Даштыг; трещинные воды коренных пород. Выполнен расчет прогнозных водопритоков за счет подземных вод в подземные горные выработки. Полное развитие работ осуществляется аналитическим способом по формуле «большого колодца».

## HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS AND CALCULATION OF FORECAST WATER FLOWS DURING THE DEVELOPMENT OF THE KYZYL-DASHTYG DEPOSIT OF POLYMETALLIC ORES

*Ondar E-D.V., Mongush A.D., Kuular O.O.*  
*Tuva State University, Kyzyl*

**Keywords:** deposit, sediments, water inflow, atmospheric precipitation, fractured waters, upstream, groundwater, rock and semi-rock formations, filtration coefficient, aquifer capacity.

**Abstract.** The area is related to the hydrogeological conditions which is installed by underground mine working to the depth 100 meter. The power of the active layer is varied depend on the type of soil and exposure of slopes from 1 to 2 meter. The annual rainfall is considered 530-602mm. The atmospheric precipitation is distributed over the seasons during the year. The result of the development of cyclonic activity is fallen more than 70 per cent of the total precipitation from April to October. The hydrogeological conditions are considered of the place Kyzyl-Dashtyg. There are the following types of the groundwater of the place Kyzyl-Dashtyg: verkhovodka; waters of alluvial deposits of the Kyzyl-Dashtyg river; fractured waters of bedrock. The calculation of the forecast water is performed to due to the groundwater into underground mine workings. The full development of the work is carried out in an analytical method of the formula which is called “big well”.

### Введение

Кызыл-Даштыгское колчеданно-полиметаллическое месторождение находится в центральной части хребта Обручева и административно относится к Тоджинскому району Республики Тыва [1]. Месторождение расположено в бассейне реки Кызыл-Даштыг, в 30 км от реки Большой Енисей. Бассейн реки Кызыл-Даштыг отделен водоразделом с абсолютными отметками 1900-2250 м. Район месторождения находится в области распространения многолетней мерзлоты. Наличие мерзлоты в суглинистых отложениях затрудняет питание подземных вод за счет атмосферных осадков и является одним из главных факторов, обуславливающих большую величину поверхностного стока бассейна реки Кызыл-Даштыг (рис. 1).

В районе и на участке Кызыл-Даштыгского месторождения имеются следующие типы подземных вод:

- верховодка;
- воды аллювиальных отложений реки Кызыл-Даштыг;
- трещинные воды коренных пород [2].

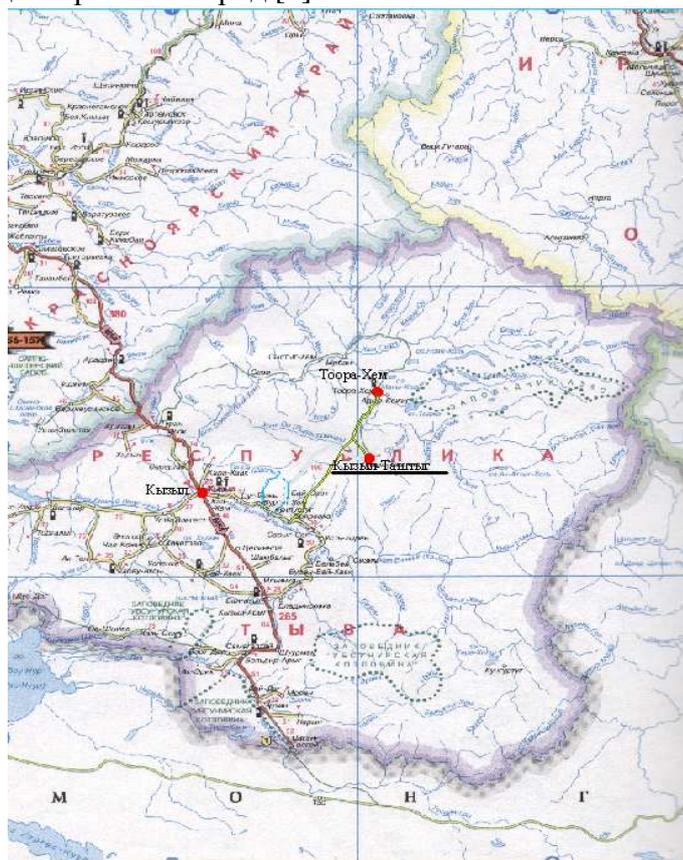


Рис. 1. Обзорная карта Республики Тыва

Верховодка распространена в суглинистых делювиальных отложениях, питание за счет атмосферных осадков с дебитом до 0,2 л/с [1]. Воды аллювиальных отложений имеют небольшое распространение и генетически связаны с поверхностными водами. Трещинные воды коренных пород имеют повсеместное распространение и приурочены к трещинам выветривания скальных пород и к трещинам тектонических зон. Мощность водоносных трещин измеряется десятками и сотыми долями сантиметра, мощность зон достигает 1,0 метра. Дебит трещинных вод до 0,1-2,15 л/с.

Трещинные воды коренных пород не образуют единого водоносного горизонта и залегают в локальных трещинах, реже трещиноватых зонах, не связанных между собой.

Область питания трещинных вод, в силу особенностей геоморфологического и геологического строения района месторождения, совпадает с границами бассейна реки Кызыл-Даштыг. Питание вод осуществляется за счет атмосферных осадков, талых и поверхностных вод. Наиболее благоприятные условия питания трещинных вод находятся на участках развития осыпей на склонах и вершинах водоразделов, а также на участках выходов коренных пород на дневную поверхность.

Неблагоприятные условия питания трещинных вод создаются на площади развития суглинистых отложений значительной мощности.

По химическому составу трещинные воды являются гидрокарбонатными натриевыми с общей минерализацией около 1 г/литр. Величина рН составляет 6,7-8,4 [3].

Воды прозрачны, без цвета и запаха, взвешенные частицы отсутствуют. По температурному признаку трещинные воды относятся к типу весьма холодных, так как имеют температуру в пределах +0,5 - +2,50. Состав вод в течение года изменяется незначительно. Весной, с началом таяния снега и дождевого питания, общая жесткость вод, сухой остаток и содержание катионов Са, Mg и сульфат-иона уменьшаются по сравнению с зимним

периодом. В летнее время трещинные воды по составу весьма близки к поверхностным водам и отличаются от них лишь более низкой температурой.

Пройденные геологоразведочные штольни общим метражом около 3500 пог.м обводнены слабо; степень их обводненности изменяется в течение года. Величина удельных дебитов не превышает 0,8 л/с (коэффициент фильтрации пород 0,001-0,62 м/сутки). Наибольшее количество вод поступает в выработки весной и летом, особенно во время дождей.

Наблюдениями при проходке подземных горных выработок установлено, что рассланцованные породы, как правило, интенсивно серицитизированные и хлоритизированные, не являются водоносными из-за их способности при наличии влаги превращаться в вязкий глиноподобный водонепроницаемый материал.

### Расчетная часть

1. Кызыл-Даштыгское месторождение локализовано в нижнекембрийских слабо трещиноватых скальных и полускальных породах по степени сложности и трудности освоения относится к первой группе месторождений с простыми гидрогеологическими условиями.

2. Участки месторождения имеют крутой рельеф. Основные рудные тела перекрыты с поверхности слабоводопроницаемыми мерзлыми суглинистыми аллювиальными отложениями.

3. Обводненность месторождения невысокая, удельный дебит не превышает 0,22 л/с, в среднем 0,072 л/с. Максимальная величина коэффициента фильтрации пород достигает 0,6 м/сут, в среднем 0,0515 м/сут.

4. Мощность водоносных пород составляет 150 м.

Кызыл-Даштыгское месторождение проектируется к отработке комбинированным способом. Особенности перехода с открытого способа отработки месторождения на подземный с применением систем разработки с обрушением пород связаны с наличием над подземными выработками отработанного карьера.

Расчет прогнозных водопритоков за счет подземных вод в подземные горные выработки на полное развитие выполнен аналитическим способом по формуле «большого колодца» [1]:

$$Q = \frac{1,366 \cdot k \cdot H \cdot S}{\lg(R + r) - \lg r},$$

где  $Q$  – ожидаемый приток воды в шахту, м<sup>3</sup>/сут;  $K$  – коэффициент фильтрации, 0,0515 м/сут;  $H$  – мощность водоносного горизонта, 150 м;  $S$  – понижение уровня, 150 м;  $r$  – приведенный радиус «большого колодца»:

$$r = \sqrt{F / \pi},$$

где  $F$  – площадь обрабатываемого горизонта;  $R$  – радиус депрессионной воронки, 340 м.

Радиус депрессионной воронки рассчитывается по формуле Г. Зихардта

$$R = 10S\sqrt{k}.$$

Таким образом, прогнозный водоприток в подземные горные выработки на полное развитие составит:

$$Q = \frac{1,366 \cdot 0,0515 \cdot 150 \cdot 150}{\lg(340 + 70) - \lg 70} = 2046,8 \text{ м}^3/\text{сут} = 85 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Приток дождевых вод составляет 5% обеспеченности в карьере и определяется по формуле (СП 103.13330.2012 Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод. СНиП 2.06.14-85):

$$Q_o = 10 \cdot K \cdot \Psi_{mt} \cdot H_p \cdot F,$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий неравномерность выпадения осадков; при площади стока менее 500 га  $K=1$ ;  $\Psi_{mt}$  – коэффициент поверхностного стока;  $\Psi_{mt}=0,25-0,5$  (средневзвешенный коэффициент стока для водосборной площади шахты);  $H_p$  – абсолютный

суточный максимум осадков, 5% обеспеченности 28 мм (пособие к СНиП 2.06.14-85, табл. 5);  
 $F$  – площадь карьера по поверхности, 21,4 га.

$$Q_0 = 10 \cdot 1 \cdot 0,35 \cdot 28 \cdot 21,4 = 2094 \text{ м}^3/\text{сут} = 87 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

### Обоснование выбора оборудования

Для откачки шахтных вод на призабойном пространстве необходимо установить водоотливный комплекс. Ожидаемый нормальный приток воды в горные выработки подземного рудника будет составлять 212 м<sup>3</sup>/час. Согласно правилам безопасности, производительность рабочих насосов главной водоотливной установки должны обеспечивать откачку нормального суточного притока не более чем за 20 часов. Расчетное оборудование главной водоотливной установки комплекса приведено в таблице 1.

Табл. 1. Расчетное оборудование главной водоотливной установки

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Значение
1	Расчетный водоприток	м <sup>3</sup> /ч	255
2	Геодезическая высота	м	404
3	Насосный агрегат	-	ЦНС 300-480
4	Количество насосных агрегатов	шт.	3 (1-раб., 1-рез., 1-рем.)
5	Мощность насосных агрегатов	кВт	630
6	Расчетная производительность насоса	м <sup>3</sup> /ч	367
7	Расчетный напор	м	454

Комплекс главного водоотлива призабойного пространства включает в себя следующие основные горные выработки:

- заглубленную насосную камеру;
- трубно-кабельный ходок;
- шиберный ходок;
- монтажный ходок с узлом перегрузки;
- водосборник, состоящий из двух параллельных ветвей;
- центральную подстанцию.

Водоотливные ставы диаметром 200 мм от насосной установки прокладываются по наклонному трубному ходу к стволу "Вентиляционный" и далее до поверхности. Водоотлив осуществляется по двум ставам, из которых один – в работе, один – в резерве.

В камере насосной на нагнетательных ставах устанавливаются обратные клапана и система задвижек, позволяющая переключать любой из насосов на любой став.

### Вспомогательная главная водоотливная установка

На период отработки I очереди месторождения (+100м/-100м), для откачки шахтных вод на горизонте -100 м сооружается вспомогательная водоотливная установка. Ожидаемый нормальный приток воды в горные выработки подземного рудника будет составлять 110 м<sup>3</sup>/час. Расчетное оборудование вспомогательной водоотливной установки приведено в таблице 2.

Табл. 2. Оборудование вспомогательной водоотливной установки

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Значение
1	Расчетный водоприток	м <sup>3</sup> /ч	132
2	Геодезическая высота	м	84
3	Насосный агрегат	-	ЦНС 180-85
4	Количество насосных агрегатов	шт.	2 (1-раб., 1-рез)
5	Мощность насосных агрегатов	кВт	75
6	Расчетная производительность насоса	м <sup>3</sup> /ч	170
7	Расчетный напор	м	90

Водоотливные стawy диаметром 200 мм от насосной установки прокладываются по горизонту -100 м и через автоуклон выдаются на поверхность. Водоотлив осуществляется по двум стavam, из которых один – в работе, один – в резерве.

В насосной камере на нагнетательных ставax устанавливаются обратные клапана и система задвижек, позволяющая переключать любой из насосов на любой став.

### **Вывод**

Таким образом, ожидаемый водоприток в горные выработки подземного рудника составит 172 м<sup>3</sup>/ч. С учетом одновременности работы потребителей от технологических процессов 40 м<sup>3</sup>/ч, общий ожидаемый водоприток составит 212 м<sup>3</sup>/ч.

На основании прогнозных данных были предложены расчетное оборудование главной водоотливной установки комплекса и расчетное оборудование вспомогательной водоотливной установки.

### **Список литературы**

1. Ондар Э.-Д.В. Горно-геометрический анализ карьерного поля Тарданского золоторудного месторождения. Обоснование порядка отработки рудных зон // Вестник Тувинского государственного университета. Технические и физико-математические науки. – 2020. – №3(66). – С. 15-23.
2. Кужугет Р.В., Анкушева Н.Н., Редина А.А., Прокопьев И.Р., Ондар Э.-Д.В. Золото-сульфидно-кварцевое рудопоявление Арыскан (Западная Тува): условия образования и геохимические особенности флюидов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – №7. – С. 224-237.
3. Горное дело: терминология / под ред. К.Н. Трубецкого, Д.Р. Каплунова. – 5-е изд. – М.: Горн. кн., 2016. – 635 с.
4. Подземная геотехнология: учеб. пособие / А.Н. Анушенков, Б.А. Ахпашев, Е.П. Волков и др. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. – 304 с.
5. Берман Б.И. Геология Кызыл-Таштыгского месторождения // Тр. регион. совещ. по развитию производительных сил Тув. авт. обл. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1960. – С. 137-147.
6. Берман Б.И. Геология и генезис полиметаллических месторождений Кызыл-Таштыгского рудного поля (Восточная Тува): Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. – М., 1966. – 15 с.
7. ВНТП 13-2-93. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий металлургии с подземным способом разработки. – СПб.: Комитет РФ по металлургии, 1993.
8. Приложение к ВНТП-13-2-93. Методические указания по технологическому проектированию горнодобывающих предприятий металлургии с подземным способом добычи. – СПб.: Комитет РФ по металлургии, 1993.
9. ПБ 07-601-03. Правила охраны недр. Утв. постановлением Госгортехнадзора России от 06.06.2003г. №71.
10. Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых. Утв. Приказом Ростехнадзора РФ от 11.12.2013г. №599.
11. Правила безопасности при взрывных работах. Утв. Приказом Ростехнадзора РФ от 16.12.2013г. №605.
12. СП 91.1330.2012. Подземные горные выработки (актуализированная редакция СНиП II-94-80 "Подземные горные выработки").

### **References**

1. Ondar E.-D.V. Mining and geometric analysis of the quarry field of the Tardan gold deposit. Justification of the procedure for mining ore zones // Bulletin of Tuva State University. Technical and physical-mathematical sciences. 2020, no. 3(66), pp. 15-23.
2. Kuzhuget R.V., Ankusheva N.N., Redina A.A., Prokopyev I.R., Ondar E.-D.V. Gold-sulfide-quartz ore occurrence Aryskan (Western Tuva): conditions of formation and geochemical features of fluids // News of the Tomsk Polytechnic University. Georesource engineering. 2020, vol. 331, no. 7, pp. 224-237.
3. Mining: terminol. words /ed. K.N. Trubetskoy, D.R. Kaplunov. – 5th ed. – M.: Mining book, 2016. – 635 p.
4. Underground geotechnology: studies. Manual / A.N. Anushenkov, B.A. Akhpashev, E.P. Volkov et al. – Krasnoyarsk: Sib. feder. un-ty, 2017. – 304 p.
5. Berman B.I. Geology of the Kyzyl-Tashtyg deposit // Proc. of region meeting on the development of productive forces of Tuv. auth. region – Novosibirsk: Publ. house of the USSR Academy of Sciences, 1960. – P. 137-147.
6. Berman B.I. Geology and genesis of polymetallic deposits of the Kyzyl-Tashtyg ore field (Eastern Tuva): Abstract of the diss. ... cand. of geol. sc. – M., 1966. – 15 p.
7. VNTP 13-2-93. Norms of technological design of mining enterprises of metallurgy with underground mining method. – SPb.: Committee of the Russian Federation on Metallurgy, 1993.

8. Application to the VNTP-13-2-93. Methodological guidelines for the technological design of metallurgical mining enterprises with an underground mining method. – SPb.: Committee of the Russian Federation on Metallurgy, 1993.
9. PB 07-601-03. Rules for the protection of mineral resources. Approved by Resolution No. 71 of Gosgortekhnadzor of Russia dated 06.06.2003.
10. Safety rules for mining and processing of solid minerals. Approved. By Order of Rostekhnadzor of the Russian Federation dated 11.12.2013 No. 599.
11. Safety rules for blasting operations. Approved. By Order of Rostekhnadzor of the Russian Federation dated 16.12.2013 No. 605.
12. SP 91.1330.2012. Underground mining (updated version of SNIIP II-94-80 "Underground mining").

*Сведения об авторах:*

*Information about authors:*

<b>Ондар Эртине-Даш Васильевич</b> – старший преподаватель	<b>Ondar Ertine-Dash Vasilyevich</b> – senior lecturer
<b>Монгуш Ай-Кыс Дыдырашовна</b> – преподаватель	<b>Mongush Ai-Kys Dydyrashovna</b> – teacher
<b>Куулар Олча Орлановна</b> – старший преподаватель	<b>Kuular Olcha Orlanovna</b> – senior lecturer
Olcha101087@yandex.ru	

*Получена 30.11.2022*