

**УТОЧНЕНИЕ ФАКТОРОВ ОБВОДНЕНИЯ ТЫРНЫАУЗСКОГО
ВОЛЬФРАМ-МОЛИБДЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
(ГИДРОТЕРМОМЕТРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)**

В.В. Хаустов¹, Н.А. Лукьяненко²

¹*ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия*

²*ОАО «ВАОГЕМ», Белгород, Россия
E-mail: khaustov@bsu.edu.ru*

Изучение формирования дренажных вод рудных месторождений десятилетиями остается актуальным прежде всего в связи с технологическими и экологическими проблемами как на эксплуатационном, так и на постэксплуатационном этапах [2, 3, 5 и др.]. Так, остановленный еще в 2000 году Тырнаузский вольфрам-молибденовый комбинат (ТВМК) по сей день оказывает негативное влияние на окружающую природную среду [6].

В 2020 году госкорпорация «Ростех» приступила к работам по возобновлению работы предприятия по добыче и переработке вольфрам-молибденовых руд Тырнаузского месторождения. В этой связи, исследования гидрогеологических условий месторождения весьма актуальны на сегодняшний день, так как призваны обеспечить безопасные условия планируемых горно-добычных работ и охрану окружающей природной среды.

Главными источникам формирования подземных вод в районе Тырнаузского месторождения являются поверхностные водотоки, твердые и жидкие атмосферные осадки, трещинно-карстовые воды карбонатных образований и трещинно-жильные воды глубоких горизонтов [8]. Подземные воды, формирующие дренажный сток на месторождении, относятся преимущественно к трещинному или трещинно-жильному типам. Они представляют единую водоносную систему, в пределах которой по условиям питания, характеру циркуляции и химическому составу четко выделяются две гидрогеологические зоны с разделяющей их подзоной смешения [7, 10].

К верхней гидрогеологической зоне относятся воды инфильтрационного генезиса, режим которых тесно связан с режимом поверхностных водотоков и ходом атмосферных осадков. Нижнюю гидрогеологическую зону образуют напорные углекислые воды с повышенной минерализацией [1], которые вскрыты преимущественно штольнями Северного разведочного участка. В целом, гидрогеологические условия исследуемого района определяются структурными, фациально-литологическими и геоморфологическими его особенностями.

В пределах рудного поля развиты разнообразные по литологическому составу горные породы [4], которые различаются по проницаемости и трещиноватости, что позволяет выделить среди них следующие типы объектов гидрогеологической стратификации: водоносный горизонт пластово-поровых вод рыхлых четвертичных отложений; водоносная карстовая зона карбонатных пород (различные по составу мраморы); водоносная зона экзогенной трещиноватости кристаллических (изверженных и метаморфических) пород; водоносная зона разлома (крупные дизъюнктивные нарушения).

В районе месторождения широко развита трещиноватость выветривания, в связи с которой все массивы дочетвертичных горных пород содержат подземные воды и отличаются несколько повышенной водообильностью, проявляющейся в обнажениях. С глубиной водообильность пород уменьшается в результате затухания трещиноватости. Карстовые явления в пределах развития карбонатных пород, связаны с дизъюнктивной

ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И НА СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

тектоникой и способствуют нередко образованию мощных водоносных карстовых зон. Карстовые полости почти всегда обводнены. Естественная разгрузка трещинно-карстовых вод происходит по склонам хребта Уллу-Тырныауз, но наибольшая их часть дренируется горными выработками рудника. Здесь трещинно-карстовые воды образуют мощные водопритоки. Оценка водопритоков требует особого внимания и является обязательным регламентом при эксплуатации месторождений твердых полезных ископаемых [9].

Из анализа динамики изменения водопритоков в горные выработки следует, что с 1975 по 1986 гг. наблюдался постепенный их рост за счет расширения фронта горных работ на руднике «Молибден» и карьерах «Мукуланский» и «Высотный» (рис. 1). В дальнейшем происходило снижение водопритоков за счет вскрытия и дренирования карстовых полостей, затронутых горными работами, новые же полости не вскрывались в связи с незначительными объемами добычи руды.

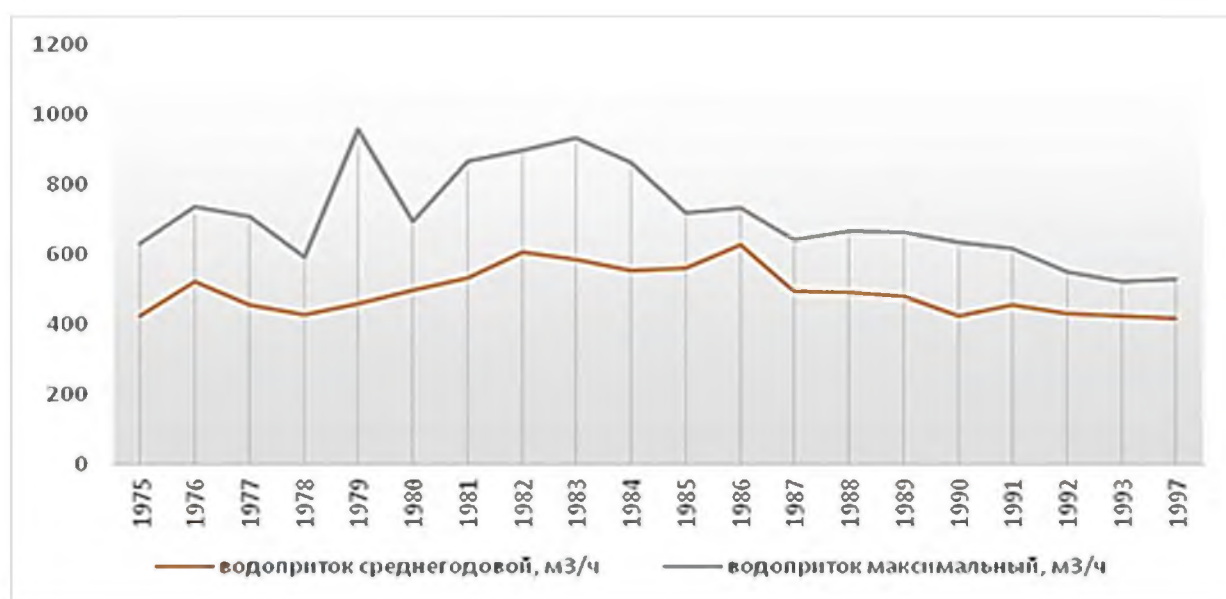


Рис. 1. Динамика изменения водопритоков
в горные выработки подземного рудника «Молибден»

В последние годы работы горного предприятия наблюдались среднегодовые водопритоки от 420,0 м³/ч (1993 г.) до 427,0 м³/ч (1997 г.). Максимальный приток в горные выработки подземного рудника «Молибден» с 1964 по 1997 гг. составил 957,9 м³/ч (1979 г.).

В 1997 г. добыча руды на руднике «Молибден» практически прекратилась.

По данным замеров водопритоков из штолен осенью 2018 года, выполненных ООО «Управляющая компания «ДонГИС», водоприток составил 494,3 м³/ч. В середине сентября 2020 г. силами ОАО «ВИОГЕМ» выполнены замеры расходов в местах выходов дренажных вод из штолен. Для измерения скорости водного потока использовался микрокомпьютерный расходомер-скоростомер МКРС, приток вод в подземные горные выработки составил 571 м³/ч.

Резко расчлененный рельеф и, в этой связи, принятый способ вскрытия Тырныаузского месторождения штольнями облегчили в дальнейшем отвод подземных вод без каких-либо дорогостоящих осушительных мероприятий. Однако, как показал опыт, при отработке рудника «Молибден» иногда все же возникали сложности, нередко связанные с отводом шахтных вод в обход рудоспусков. Кроме того, на нижних горизонтах рудника в ряде мест требовалось бурение опережающих скважин для снижения гидростатического

**ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ
В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И НА СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

напора подземных вод, заключенных в трещинах, разломах и локальных карстовых пустотах (рис. 2).

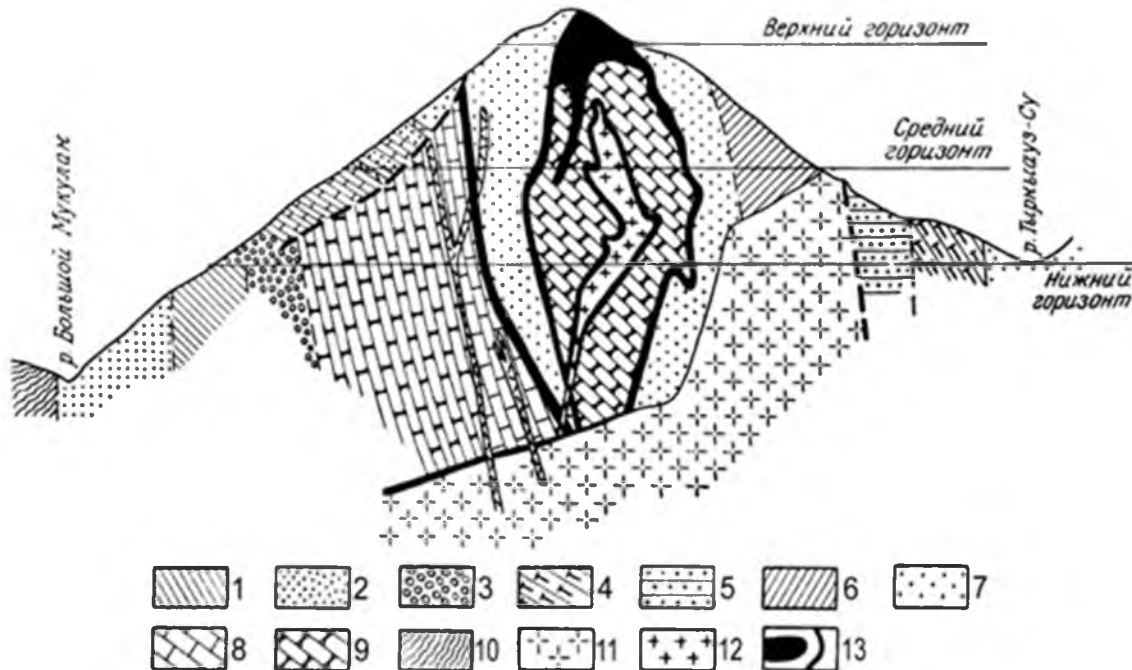


Рис. 2. Схематический геологический разрез рудного поля Тырнауза [4]
1 – черные сланцы; 2 – песчаники; 3 – конгломераты; 4 – вулканогенные породы; 5 – аркозовые песчаники; 6 – кварцевые плагиопорфиры; 7 – биотитовые роговики; 8 – слоистые мраморы; 9 – массивные мраморы; 10 – мигматиты; 11 – эльджуртинские граниты; 12 – лейкократовые гранитоиды; 13 – скарны.

Из результатов предварительной оценки обводненности существующих на сегодня горных выработок рудника «Молибден» следует, что притоки подземных вод могут составить: в холодный период года 450-600 м³/ч; в летний период (период паводковых водопритоков). В зависимости от водности года и проектного продвижения горных работ в сторону закарстованных зон они могут увеличиться на 25-40% и составить 560-840 м³/ч.

Наличие низких температур дренажных вод на верхних горизонтах подтверждается систематическими измерениями температуры подземных вод Центрального рудного поля месторождения и вод поверхностных водотоков силами ГРЭ ТВМК (табл. 1).

Таблица 1

Температура подземных вод Центрального рудного поля
Тырнаузского вольфрам-молибденового месторождения
и вод поверхностных водотоков [8]

Наименование горных выработок и водотоков	Среднемесячная температура, °С											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Верхние горизонты												
горизонт 2	4,9	5,0	4,9	4,8	4,6	4,0	4,2	4,1	4,3	4,5	4,5	4,8
горизонт 4	8,0	7,5	7,0	7,0	6,6	6,5	6,9	5,5	7,0	7,0	6,7	7,0
горизонт 5	7,8	7,6	8,0	7,9	7,1	7,0	7,0	5,5	7,0	7,0	6,8	7,0
горизонт 6	6,2	6,5	6,4	6,6	6,9	7,0	6,3	5,9	5,4	–	–	–
средняя	6,4	6,3	6,3	5,7	5,6	5,7	5,8	5,4	5,5	5,2	5,9	6,1

ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ
В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И НА СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Окончание табл. 1

Средние горизонты												
горизонт 7	6,2	6,0	6,0	6,0	6,0	–	–	–	–	–	–	–
горизонт 8	–	–	4,0	4,2	5,3	5,0	5,0	5,0	5,3	3,3	–	–
средняя	7,5	7,4	6,5	6,5	7,4	7,5	7,5	7,6	8,0	7,4	9,2	9,7
Нижние горизонты												
горизонт 9	6,7	7,0	7,0	7,0	6,5	8,0	8,0	8,0	7,7	7,0	7,0	7,0
горизонт 10	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,5	7,3	6,5	6,8	7,0	7,5
горизонт 11	8,3	8,4	8,4	8,3	8,2	8,0	8,1	8,5	8,4	8,3	8,4	8,3
горизонт 12	12,0	11,9	12,1	11,9	11,4	11,5	11,5	11,1	10,9	10,8	10,8	10,8
средняя	9,3	9,4	9,4	9,4	9,2	9,4	9,3	9,3	9,1	9,0	9,0	9,1
Поверхностный сток												
руч.Тырныауз-Су	4,0	4,5	3,1	4,6	6,3	7,2	8,0	8,1	7,4	6,7	5,6	4,4
ручей Чатбаш-Су	1,0	1,0	1,6	3,7	6,6	8,0	9,2	8,8	6,0	5,0	4,9	1,6
ручей Б. Мукулан	0,5	0,7	3,9	4,5	6,0	8,7	16,0	16,0	14,0	6,0	5,0	1,0
ручей М. Мукулан	5,0	5,5	7,0	8,8	13,5	20,5	20,3	21,0	18,5	14,2	8,0	2,2
ручей Змейка	0,9	0,8	0,7	2,5	3,2	6,8	7,4	7,0	5,8	4,5	2,2	0,9
средняя	2,3	2,5	2,9	4,8	7,0	6,6	12,2	12,2	10,1	7,3	5,1	2,0

Из таблицы 1 следует, что на верхних горизонтах Центрального рудного поля наиболее низкая температура дренажных вод наблюдалась на верхнем горизонте (2762 м) и составила от 4,0 до 5,0 °С и была примерно одинакова в разрезе года. На горизонтах ниже (горизонты 2613 м, 2537 м и 2464 м) температура была уже выше и составила от 5,0 до 8,5 °С. На средних горизонтах (2390 м) Центрального рудного поля в 1976 г. температура дренажных вод составляла от 3,0 до 6,1 °С в зимние месяцы и от 5,2 до 6,1 °С в летние; на нижних горизонтах (2242 м, 2167 м, 2092 м и 2015 м) температура вод была выше и составила 6,5-12,0 °С в зимние месяцы и 6,0-12,0 °С в летние месяцы. Следовательно, логично предположить наличие обводняющих холодных талых вод на верхних горизонтах месторождения.

И действительно, как показали полевые обследования района месторождения с помощью геодезического квадрокоптера «DJI Phantom 4 Pro Obsidian», в верховьях ручья Тырныауз-Су, вероятно, расположен погребенный ледник. Здесь наблюдаются четко обособленные скопления грубообломочного материала, имеющие в плане форму языка, ограниченных спереди и с боков уступами. Механизм образования погребенного ледника связывается с сохранившимися под чехлом абляционной морены краевых частей ледника и (или) с замерзанием воды в пустотах между валунами и глыбами склоновых отложений. Наблюдается характерный флюидалный грядовый микрорельеф поверхности, связанный с постепенным вытаиванием льда с конечной мореной на отметках среднего горизонта месторождения (рис. 3).

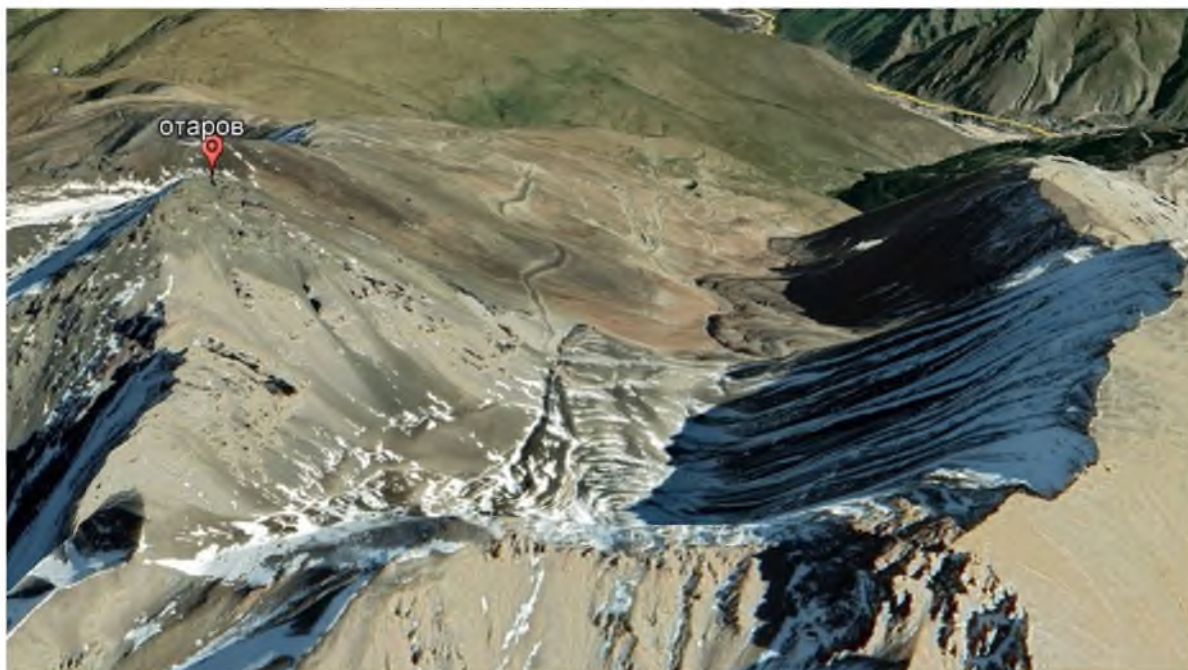


Рис. 3. Ледниковый цирк в верховьях р. Тырныауз-Су

Погребенный ледник может представлять собой мощный источник обводнения водоносных зон трещиноватости в исследуемом районе в виде холодных потоков воды, которые истекают от него, и далее по системе трещин поступают в горные выработки (рис. 4, 5).

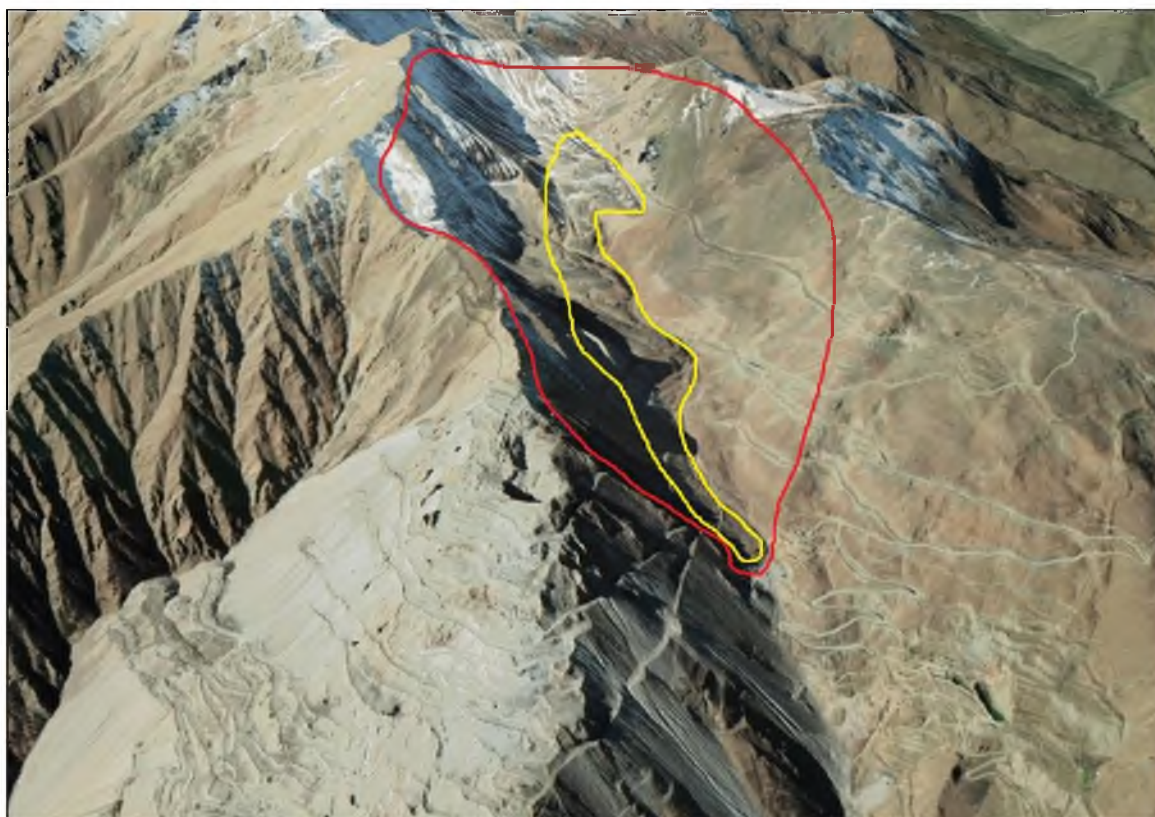


Рис. 4. Схема предполагаемого контура погребенного ледника (желтая линия)

ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И НА СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

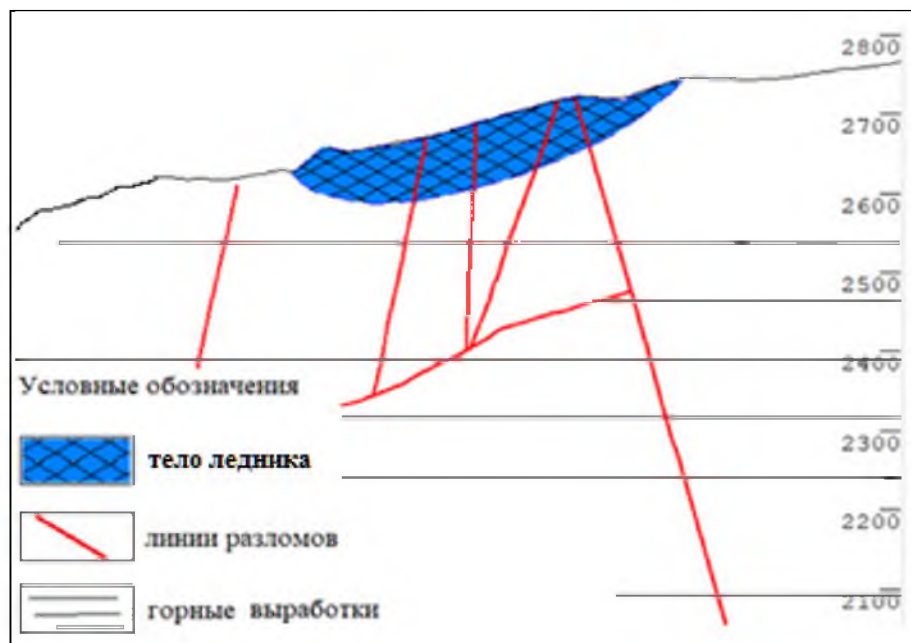


Рис. 5. Схематический разрез погребенного ледника и горных выработок

С помощью ГИС «ГЕОМИКС» рассчитаны объем и площадь предполагаемого ледника, составившие $29647837,9 \text{ м}^3$ и $1635722,6 \text{ м}^2$ соответственно. Однако, для уточнения размеров погребенного ледника требуется ряд дополнительных полевых исследований.

Как нетрудно заметить (см. рис. 5), гипсометрическое положение предполагаемого погребенного ледника обуславливает беспрепятственное поступление талых вод в систему тектонических разломов и трещин, и далее по ним в горные выработки. Более детальные исследования циркуляции и гидравлической взаимосвязи поверхностных и подземных вод позволят более точно прогнозировать объемы дренажных вод на различных горизонтах месторождения, что предоставит возможность выбора адекватных сложившимся гидрогеологическим условиям технологии и техники для обеспечения требуемой эффективности дренажных мероприятий.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно заключить, что:

- гидрогеологические условия исследуемого района определяются структурными, фациально-литологическими и геоморфологическими его особенностями. Район характеризуется, в основном, наличием трещинной, трещинно-жильной, пластово-трещинной и карстово-трещинной циркуляцией подземных вод;

- в пределах рудного поля выделяются следующие виды подземных вод и водоносные зоны: водоносный горизонт пластово-поровых вод рыхлых четвертичных отложений; водоносная карстовая зона карбонатных пород; водоносная зона экзогенной трещиноватости кристаллических пород; трещинно-жильная водоносная зона (крупные дизъюнктивные нарушения);

- среднегодовой водоприток в горные выработки подземного рудника «Молибден» изменялся от $122,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ в 1965 г. до $629,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ в 1986 г., по данным наблюдений в октябре-ноябре 2018 г. суммарный водоприток в горные выработки подземного рудника «Молибден» составил $494,3 \text{ м}^3/\text{ч}$., в середине сентября 2020 г. суммарный приток подземных вод в горные выработки составил $571 \text{ м}^3/\text{ч}$;

- выявлено, что одним из основных источников формирования ресурсов подземных вод месторождения Тырнауз являются поверхностные водотоки и погребенный ледник, на что указывают гидротермометрические наблюдения и результаты геоморфологических исследований с помощью геодезического квадрокоптера «DJI Phantom 4 Pro Obsidian»;

ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И НА СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

– средствами ГИС «ГЕОМИКС» рассчитаны объем и площадь предполагаемого погребенного ледника, составившие соответственно 29647837,9 м³ и 1635722,6 м². Для уточнения размеров и морфологии погребенного ледника необходимы дополнительные натурные исследования с привлечением буровых работ.

Список литературы:

1. Врублевский М.И. Минеральные воды Центрального Кавказа как одно из проявлений его геологического развития. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1962. – 255 с.
2. Калов Р.О., Бекаров Г.А. Оценка постэксплуатационного состояния вольфрам-молибденового месторождения и возможности нового его вовлечения в природопользование // Горная промышленность. – 2020. – № 6. – С. 80-83.
3. Рыбникова Л.С., Рыбников П.А. Гидрогеологические исследования в горнопромышленных районах на постэксплуатационном этапе // Подземные воды востока России: материалы Всерос. совещания по подземным водам Востока России, Новосибирск, 18–22 июня 2018 года. – Новосибирск: Изд-во: Новосибирский национальный исследовательский гос. ун-т. 2018. – С. 403-408.
4. Пэк А.В. Геологическое строение рудного поля и месторождения Тырнауз. – М.: АН СССР, 1962. – 168 с.
5. Хаустов В.В., Тюпин В.Н., Агарков Н.Б. О дренажных водах месторождения Тырнауз на эксплуатационной и постэксплуатационной стадиях // Горный журнал. – 2020. – № 10. – С. 100-104.
6. Хаустов В.В. Подземные воды и глубинная геодинамика Тырнауза. - Курск, изд-во КурскГТУ, 2009. – 180 с.
7. Хаустов В.В. Формирование дренажного стока месторождения Тырнауз // Известия Юго-Западного гос. ун-та. – 2012. – №3. – Ч.1. – С.140-146.
8. Хаустов В.В. Формирование подземных вод вольфрам-молибденового месторождения Тырнауз и вопросы охраны бассейна реки Баксан от загрязнения: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Л.: ЛГУ, 1990. – 22 с.
9. Хаустов В.В., Лушников Е.А. Карст мраморов месторождения Тырнауз // Известия Юго-Западного государственного университета. Сер. Техника и технологии. – 2011. – № 1. – С. 76-83.
10. Khaustov V.V., Ustiugov D.L. Formation of drainage waters of Tyrnauz deposit in ecological aspect // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2017. – Vol. 87. – P. 1-5.