

УДК 551.435

### **ДРЕНАЖНЫЙ СТОК НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ТЫРНЫАУЗ**

**© Хаустов В.В.**

*Юго-Западный государственный университет, г. Курск*

*Рассматриваются особенности формирования дренажного стока месторождения Тырнауз. Проанализированы условия обводнения горных выработок водами различного генезиса. Выявлена доля разнотипных подземных вод в общем обводнении месторождения. Исследован химический состав дренажных вод, установлены основные факторы его формирования. Главными факторами являются смешивание разнотипных подземных вод, окисление рудной мелочи, применение самоходной техники и взрывчатых веществ в производственных процессах. Определена и конкретизирована высокая экологическая опасность поступления дренажного стока в гидрографическую сеть района.*

**Ключевые слова:** подземные воды, дренажный сток, факторы формирования, загрязнение поверхностных вод, поллютанты.

Исследования формирования дренажного стока рудных месторождений в последние годы имеют неоспоримую актуальность прежде всего в связи с экологическими проблемами, возникающими в горнодобывающих районах как на эксплуатационном, так и на постэксплуатационном этапах.

Тырныаузское вольфрам-молибденовое месторождение расположено в пределах Эльбрусского вулканического района в левобережье р. Баксан. Месторождение связано с комплексом гранитоидов, образовавшихся в период активизации тектоно-магматических процессов на южной границе Скифской плиты в мезо-кайнозое и внедренных в карбонатные, терригенные и вулканогенные породы девона, карбона и юры (рис. 1).

Основная масса рудоносных скарнов приурочена к зоне контакта роговиков и мраморов, которые повторяя складчатую структуру образуют мощный раздвиг в ее сводовой части [1]. В рудном поле месторождения (зона оруденения по вертикали превышает 1 км) имеют место рудопроявления золота, мышьяка, сурьмы, меди, свинца, цинка, серебра.

Тырныаузское месторождение обрабатывалось подземным и открытым способами в течение пяти десятилетий вплоть до 2000 года, обеспечивая 20% мирового производства вольфрамовых концентратов при попутном извлечении Cu, Bi, Au, Ag. В настоящее время добыча и переработка руд на месторождении приостановлена по экономическим причинам. Но дальнейшие перспективы освоения еще не исчерпанных минеральных ресурсов Тырныауза связываются с необходимостью использованием эффективных технологий добычи и обогащения руд с извлечением вместе с молибденом и вольфрамом благородных, редких и цветных металлов, а также нерудных минералов.

Однако даже законсервированное Тырныаузское вольфрам-молибденовое месторождение продолжает оказывать значительное негативное влияние на природные комплексы прилегающего района. В ряду разнообразных факторов воздействия на природную среду заметное место занимает дренажный сток, а особенности гипсометрического положения месторождения обуславливают активное поступление его в местную гидрографическую сеть.

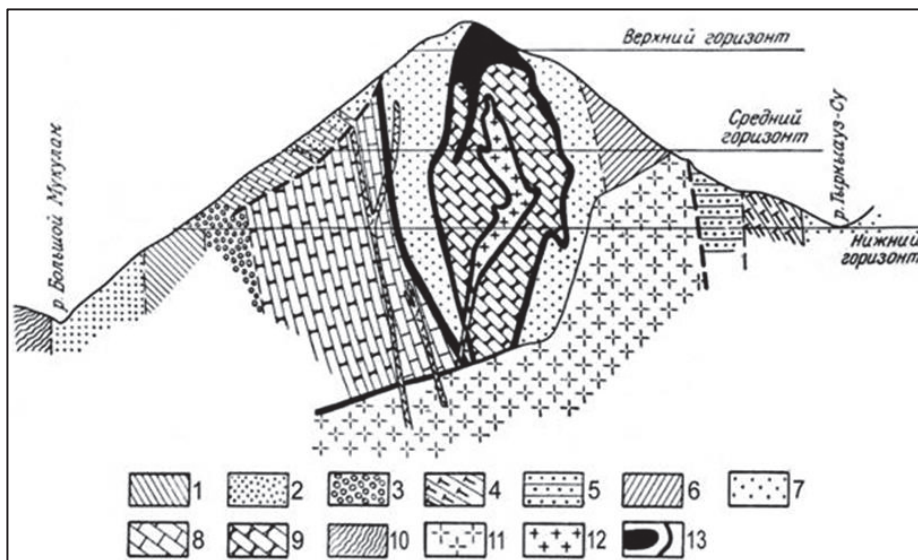


Рис. 1. Схематический геологический разрез рудного поля Тырныауза [1]

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.

Впоследствии рудогенные элементы с другими тяжелыми металлами и прочими поллютантами мигрируют в главной водной артерии района р. Баксан на значительные расстояния [2].

Подземные воды, формирующие дренажный сток, относятся преимущественно к трещинному или трещинно-жильному типам. На месторождении они представляют единую водоносную систему, в пределах которой по условиям питания, характеру циркуляции и химическому составу четко выделяются две гидрогеологические зоны разделяющей их подзоной смешения [3, 4].

К верхней гидрогеологической зоне относятся воды инфильтрационного генезиса, режим которых тесно связан с поверхностными процессами (ходом атмосферных осадков, температурой и пр.), они характеризуются низкой минерализацией (до 0,4 г/л) и преимущественно гидрокарбонатно-кальциевым составом.

Нижнюю гидрогеологическую зону образуют напорные углекислые воды с повышенной минерализацией, которые на месторождении Тырнауз вскрывались горными выработками на протяжении последних десятилетий эксплуатации, причем приток их постоянно возрастал с развитием фронта горных работ и к 2000 году формировал порядка 50% объема дренажных вод (рис. 2.). Первые сведения об этих водах относятся к 1958 г., когда они были вскрыты знаменитой скважиной №104, пройденной в теле эльджуртинских гранитов на 1-ой надпойменной террасе правобережья р. Баксан. В пределах рудного поля выходы углекислых вод приурочены к крупным дизъюнктивным нарушениям, которые в приповерхностных горизонтах проявляются в виде зон повышенной трещиноватости (оперяющие трещины) [5].

Воды отличаются высокой газонасыщенностью (как правило, выше 500 мл/л) и углекислым или углекисло-азотным составом газа. Соотношение растворенных газов составляет (в об. %):  $\text{CO}_2$  - 55÷90;  $\text{N}_2$  - 1÷39;  $\text{H}_2$  - 13÷43;  $\text{CH}_4$  - 0.1÷1,2. Воды нижней гидрогеохимической зоны характеризуются гидрокарбонатно-хлоридным, реже хлоридно-гидрокарбонатным анионным составом, среди катионов доминирует натрий. Минерализация их варьирует в интервале 2÷12 г/л, отмечается обогащение их микрокомпонентами - K, Li, Rb, Cs, F, B, I, As и др. Общей отличительной особенностью большинства углекислых вод Эльбрусского вулканического района, в том числе и месторождения Тырнауз, является повышенное относительное и абсолютное содержание хлор-иона.



Рис. 2. Доля разнотипных подземных вод в общем обводнении месторождения Тырнауз

Трещинно-жильные воды глубокой циркуляции вскрыты, в основном, разведочными штольнями Северного участка, в пределах центрального рудного поля имеются их единичные водопроявления. К 2000 г. общий водопиток в систему горных выработок месторождения составлял около 1500 м<sup>3</sup>/час (рис. 3).

Основная обводненность на месторождении связывается с массивами закарстованных мраморов, так как интрузивные, метаморфизованные и вулканогенно-осадочные породы (даже при условии интенсивной трещиноватости) представляют менее благоприятную среду для накопления запасов подземных вод.

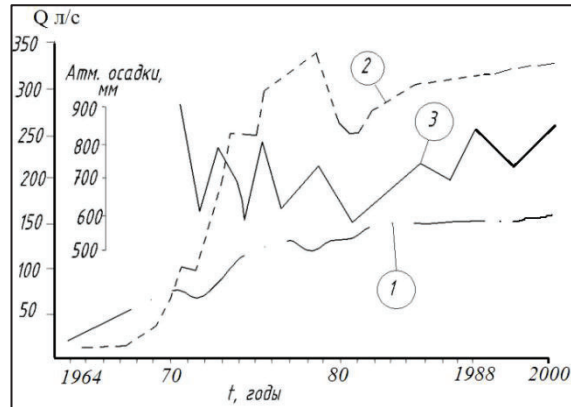


Рис. 3. Графики режима водопритоков в горные выработки рудника (1), Северного разведочного участка (2), и атмосферных осадков (3)

По данным ГРЭ ТВМК, статические запасы трещинно-карстовых вод мраморов рудного поля сработаны, в основном, уже к 1983 году, чем и можно объяснить относительную стабилизацию среднегодовых объемов поступающих в горные выработки подземных вод [6, 7]. Небольшой прирост среднегодовых объемов дренажных вод, вероятно, обязан увеличению притоков подземных вод нижней гидрогеохимической зоны [8].

Формирование химического состава дренажных вод осуществляется за счет природных и техногенных факторов и процессов (рис. 4).

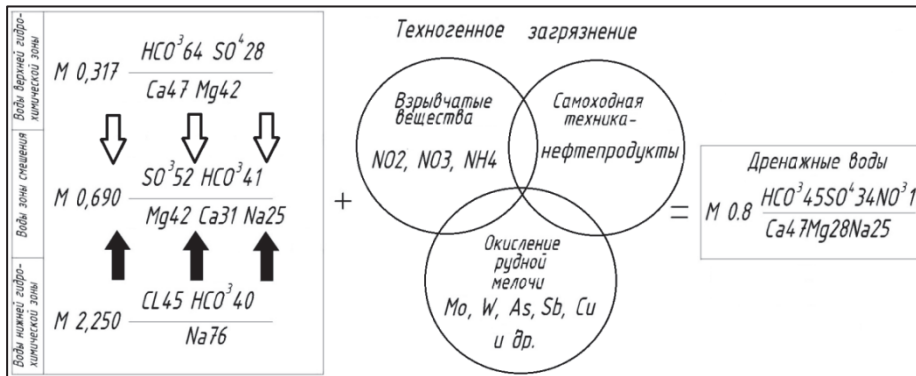


Рис. 4. Схема формирования химического состава дренажных вод

Поскольку объемы дренажных вод формируются, в основном, за счет подземных вод верхней и нижней гидрогеохимических зон, то «изначальным» химическим составом дренажные стоки обязаны именно процессу их смешения. При циркуляции дренажных вод по горным выработкам (по дренажным канавкам) вплоть до выхода на дневную поверхность происходит следующее изменение их химического состава.

1. Дальнейшее обогащение дренажных вод тяжелыми металлами. В процессе различных технологических операций (проходка горных выработок, выпуск и

погрузка руд, откатка и пр.) происходит рассеяние по горным выработкам больших объемов рудной мелочи, составляющей одну из основных статей общих потерь полезного ископаемого. Рудная мелочь, вследствие раздробленности и дисперсности, имеет большую удельную поверхность и поэтому активно окисляется. Тяжелые металлы при этом переходят в подвижные соединения и вовлекаются в водную миграцию [9].

2. Поступление в воды соединений группы азота, присутствие которых является показателем интенсивности загрязнения природных вод. Источником поступления в дренажные воды азотных соединений служит аммиачная селитра как основа взрывчатых веществ, используемых при ведении горных работ [10]. Так, при взрывных работах в карьерах при проведении «минного» взрыва количество одновременно используемых взрывчатых веществ может достигать десятков и, реже, сотен тонн; на руднике – первые тонны ежесуточно. В пределах центрального рудного поля подземные воды по системам трещин, горным выработкам и перепускным скважинам перетекают с верхних горизонтов на нижние. Следовательно, наиболее информативным в контексте загрязнения дренажных вод ионами группы азота является самый нижний горизонт (главный откаточный) месторождения – абсолютная отм. 2015 м. На схематической карте изолиний содержания нитратов в подземных водах этого горизонта отчетливо видно, что максимальное нитратное загрязнение характерно водам, циркулирующим в пределах слепых стволов – Капитального и Северо-Западного, т.е. на участках наибольшей дренированности горных пород (рис. 5).
3. Поступление в дренажные воды значительных концентраций нефтепродуктов. В последние десятилетия на руднике при погрузочно-доставочных работах активно внедрялась и широко применялась самоходная техника, вытесняющая электровозную откатку как менее производительную. Однако, самоходная техника потребляет значительное количество горюче-смазочных материалов и поэтому является источником загрязнения дренажных вод нефтепродуктами [11].
4. Бактериальное загрязнение, возникающее в результате постоянного нахождения в горном цехе ТВМК немалого числа рабочих и отсутствия сооружений санитарно-гигиенического назначения на эксплуатационном этапе [12, 13].

В итоге дренажные воды сбрасываются в поверхностные водотоки района месторождения со следующим средним химическим составом (мг/л): взвешенные вещества – 500, сухой остаток – 400, хлор – 38, сульфат-ион – 115, БПК<sub>3</sub> – 4.2, нефтепродукты – 5.7, нитраты – 95, нитриты – 6.8, вольфрам – 0.3, молибден – 0.7, мышьяк – 0.3, цинк – 0.01, медь – 0.04, свинец – 0.08.

Таким образом, анализ условий формирования химического состава дренажных вод Тырныаузского вольфрам-молибденового месторождения свидетельствуют о том, что:

- остановка горного производства и консервация горных выработок с возможными в этой связи изменениями технологических операций не позволяют исключить опасность дальнейшего ухудшения качества дренажных вод и поступления их в окружающую природную среду;
- дренажные воды существенно отличаются по своему химическому составу от фоновых подземных вод месторождения. Эти отличия связаны прежде всего с повышенными концентрациями тяжелых металлов, соединений азота, нефтепродуктов, показателя бактериального загрязнения (БПК<sub>3</sub>), что превращает их в объект повышенной экологической опасности;
- гипсометрическая обусловленность неизбежности сброса дренажных вод в поверхностные водотоки района рудного поля Тырныауза приводит к загрязнению последних и далее главной водной артерии – р. Баксан; скорость и



масштабы распространения загрязнения в условиях горного рельефа и соответствующем гидрологическом режиме весьма значительные;

- в связи с загрязнением бассейна р. Баксан, оказывающего резкое негативное влияние на эффективность освоения и развития рекреационных ресурсов региона, должны неотложно решаться вопросы очистки дренажных вод месторождения Тырнауз.

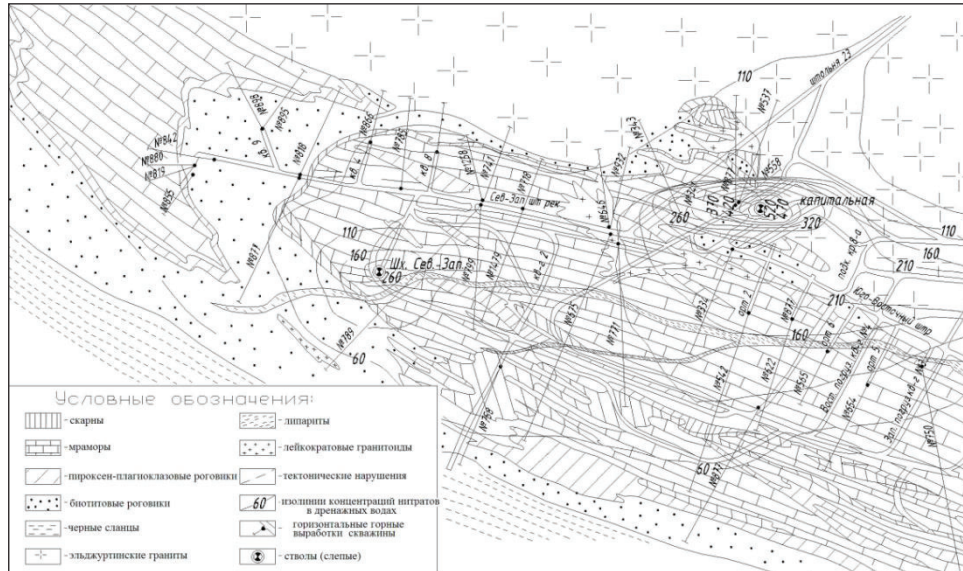


Рис. 5. Концентрации нитратов в дренажных водах (эксплуатационный горизонт 2015 м)

### Литература

1. Пэк А.В. Геологическое строение рудного поля и месторождения Тырнауз. М.: АН СССР, 1962. 168 с.
2. Хаустов В.В., Дубяга А.П. О влиянии разработки месторождения Тырнауз на водную экосистему реки Баксан (биохимический аспект) // Известия Юго-Западного гос. ун-та, сер. Техника и технологии, 2012. № 2. Ч. 2. С. 228-235.
3. 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., 1990. 22 с.
4. Хаустов В.В. Подземные воды и глубинная геодинамика Тырнауза. Курск, изд-во КурскГТУ, 2009. 180 с.
5. Мартынова М.А., Хаустов В.В. О генезисе углекислых минеральных вод Северного Кавказа с позиций тектоники плит // Вестник Ленинградского университета, Серия 7. Геология, география, 1990. № 5. С. 31-42.
6. Хаустов В.В., Филонова М.А. О карстообразовании на месторождении Тырнауз // Вестник Ленинградского университета. Серия 7. Геология, география, 1989. № 7. С. 74-76.
7. Хаустов В.В., Лушников Е.А. Об особенностях карста мраморов Тырнауза / Гидрогеология и карстоведение. Межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 2013. Вып. 19. С. 238-246.
8. Хаустов В.В. Формирование дренажного стока месторождения Тырнауз // Известия Юго-Западного гос. ун-та, 2012. № 3. Ч. 1. С.140-146.
9. Хаустов В.В. О миграции рудных элементов в подземных и поверхностных водах (на примере одного из скарновых месторождений Северного Кавказа) // Вестник Ленинградского университета. Серия 7. Геология, география, 1988. № 14. С. 78-79.
10. Хаустов В.В. Горнопромышленный техногенез в условиях высокогорья (Тырнауз) / Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Коллективная

монография по материалам VII Всероссийской научно-технической конференции /Научный редактор *И.А. Керимов*. М.: ИИЕТ РАН, 2017. Том VII. Часть 2. 585 с.

11. *Хаустов В.В.* Об экологической стороне процессов разработки полиметаллического месторождения Тырныауз. Часть 2. Твердый и жидкий сток // Известия Юго-Западного гос. ун-та, сер. Техника и технологии, 2016. № 3 (20). С. 68-79.
12. *Рязанова М.С., Хаустов В.В., Мартынова М.А.* Применение метода биохимической индикации с целью экологического мониторинга // Известия Юго-Западного гос. ун-та, 2014. №5 (56). С. 108-114.
13. *Мартынова М.А., Часовникова Е.В.* Гидрогеохимия. СПб.: изд-во С.-Петербургского университета, 1993. 224 с.