

УДК [556.3+624.131]:553(575.1)  
DOI: 10.52349/0869-7892\_2023\_96\_27-36

Э. Ш. Курбанов, К. Р. Мингбоев, Ф. А. Охунов,  
Б. М. Абдурахманов, Т. А. Гафуров (ГУ «Институт ГИДРОИНГЕО»)

## ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНО-УЗБЕКИСТАНСКОГО ГОРНОРУДНОГО РАЙОНА

Рассматривается анализ и оценка гидрогеологических и инженерно-геологических факторов при подземной разработке месторождений и прогнозная оценка инженерно-геологической обстановки в естественных условиях. Выделяются месторождения по трем категориям: слабо-, средне- и сильноустойчивые. По гидрогеологическим особенностям на площади выделено семь горизонтов подземных вод. Приведены минерализация водоносных горизонтов, химический состав, коэффициент фильтрации, фактический и ожидаемый водоприток подземных горных выработок.

*Ключевые слова:* нарушенность, трещиноватость, коэффициент фильтрации, эрозия, водоносные горизонты, устойчивость.

E. Sh. Kurbanov, K. R. Mingboev, F. A. Okhunov,  
B. M. Abdurakhmanov, T. A. Gafurov (SE «Institute GIDROINGEO»)

## HYDROGEOLOGICAL AND ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF DEPOSITS IN THE SOUTH UZBEKISTAN MINING DISTRICT

The analysis and assessment of hydrogeological and engineering-geological factors during underground mining and the predictive assessment of the engineering-geological situation in natural conditions are considered. Deposits are distinguished into three categories: weakly, moderately, and highly stable. Based on hydrogeological features, seven groundwater horizons were identified in the area. The mineralization of aquifers, chemical composition, permeability coefficient, actual and expected water inflow of underground mine workings are given.

*Keywords:* faulting, fracturing, permeability coefficient, erosion, aquifers, stability.

**Для цитирования:** Курбанов Э. Ш. Особенности гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений Южно-Узбекистанского горнорудного района / Э. Ш. Курбанов, К. Р. Мингбоев, Ф. А. Охунов, Б. М. Абдурахманов, Т. А. Гафуров // Региональная геология и металлогения. – 2023. – № 96. – С. 27–36. DOI: 10.52349/0869-7892\_2023\_96\_27-36

**Введение.** Одним из приоритетных направлений экономических аспектов социальной жизни Республики Узбекистан являются природные ресурсы, среди которых важнейшую роль играют месторождения полезных ископаемых. В последние годы одна из тенденций развития горнорудной промышленности во всем мире является вовлечение в разведку и разработку месторождений полезных ископаемых, характеризующихся более сложными инженерно-геологическими, гидрогеологическими условиями и находящихся в более глубоких горизонтах [6]. В связи с этим увеличивается техногенная нагрузка на геологическую среду, что приводит к непредвиденным инженерно-геологическим процессам (ИГП) при разведке и отработке месторождений. Для безопасного и эффективного проведения горнопроходческих работ, оценки

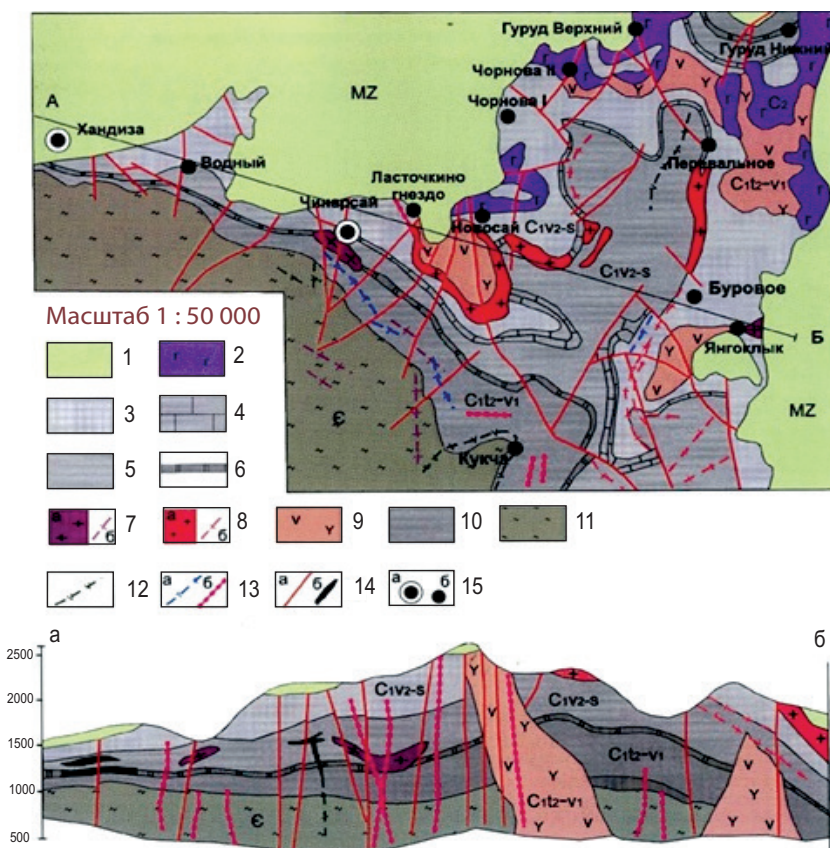
и прогноза нарушенности и трещиноватости массива горных пород и их влияние на устойчивость горных выработок необходимо проведение специальных инженерно-геологических исследований при поиске и разведке месторождений твердых полезных ископаемых (МТПИ). Из-за недостаточной степени изучения нарушенности и трещиноватости массива горных пород и их влияния на устойчивость в горных выработках происходили аварии, которые приводили к человеческим жертвам и в некоторых случаях к консервированию горных работ [5]. Из обзора и анализа фондовых и литературных материалов видно, что во многих месторождениях Южно-Узбекистанского горнорудного района не имеется достаточной информации о нарушенности и трещиноватости горных пород. Месторождения Южно-Узбекистанского

горнорудного района, кроме месторождения Хандизы, находятся на стадии разведки и освоения. Оценка и прогноз нарушенности и трещиноватости и их влияние на устойчивость в горных выработках месторождения Хандиза не изучены, однако во всех горных выработках развиты различные типы деформаций. В связи с этим объектом исследования выбрано самое перспективное месторождение Хандиза Южно-Узбекистанского горнорудного района. Оно расположено в высокогорных зонах, со сложными геоморфологическими, геолого-тектоническими и инженерно-гидрогеологическими условиями. Кроме того, в Хандизинском рудном поле одновременно на нескольких участках параллельно ведутся эксплуатационные и разведочные работы. Из девяти участков, находящихся в Хандизинском рудном поле, самым характерным является участок Чинарсай, где также ведутся геологоразведочные работы на глубоких горизонтах, залегающих ниже местного базиса эрозии.

**Фактический материал.** В геологическом строении Хандизинского рудного поля участвуют главным образом сложнослоистые осадочные, вулканогенные и метаморфические породы, прорванные разнообразными магматиче-

скими горными [2]. Возраст пород – протерозойский, палеозойский, мезозойский и кайнозойский (рис. 1). Эти комплексы пород типичны для складчатых геосинклинальных областей и кристаллического фундамента платформ. Соотношения отдельных комплексов пород сложные: многочисленные тектонические нарушения разных порядков, значительная трещиноватость горных пород и неодинаковая степень глубины распространения. Коренные породы перекрыты маломощным прерывистым чехлом рыхлых четвертичных образований.

На территории республики разведаны и разрабатываются различные типы месторождений твердых полезных ископаемых, расположенных в своеобразных геоморфолого-климатических, геолого-тектонических, гидрогеолого-инженерно-геологических условиях. Многие месторождения (особенно в горных и предгорных районах) разведываются и эксплуатируются штольнями и шахтными способами. Протяженность отдельных выработок иногда превышает 5000 м, а глубина достигает 600 м. По инженерно-геологическим условиям они относятся к сложному типу, а по гидрологическим – к простым и средне-сложным. В перспективе на месторождении Хандиза разработка



**Рис. 1.** Геологическая карта Хандизинского рудного поля

1 – мезозойские отложения. Свиты: 2 – ходжибулакская (C<sub>2</sub>): габбро, габбродиабазы; 3–6 – вахшиварская (C<sub>1v2-s</sub>): 3 – алевролиты, песчаники, риолиты (верхняя подсветка), 4 – известняки, аргиллиты, 5 – риолиты (средняя подсветка), 6 – доломиты, кремни (нижняя подсветка). Субвулканические тела вахшиварского риодаситового комплекса; 7 – риолиты (а), дайки риолитов (б); 8 – гранит-порфиры (а), дайки гранит-порфира (б); 9 – андезидациты; 10 – зойская (C<sub>1z-v1</sub>): песчаники, алевролиты, риолиты; 11 – хандизинская (C<sub>?</sub>): сланцевые гнейсы. Магматические комплексы: 12 – Южно-Тянь-Шаньский (T<sub>2-3</sub>): лампрофиры, диабазы; 13 – поджурский (P): сиениты (а), диторитовые порфиры (б); 14 – разломы (а), рудные тела на разрезе (б); 15 – месторождения (а) и рудопроявления (б)

твердых полезных ископаемых будет осуществляться подземным способом и достигать глубины 1500 м. В связи с этим возрастают требования к комплексному изучению гидрогеологических и инженерно-геологических процессов горных выработок месторождений твердых полезных ископаемых.

Среди разведанных и разрабатываемых месторождений Южно-Узбекистанского горнорудного района Хандизинское рудное поле по геологическому строению является самым уникальным. Месторождения данного рудного поля расположены в центральной части гор Сурхантау (юго-восточной ветви юго-западных отрогов Гиссарского хребта) в высокогорных, сложных геоморфологических условиях со своеобразными гидрогеолого-инженерно-геологическими условиями. Месторождения представляют собой высокогорную, сильно расчлененную местность, абс. отм. которых колеблются от 1300 до 2800 м. Относительные превышения гор над долинами и руслами саев достигают 500–600 м. Горы имеют крутые, обрывистые склоны, долины рек и саев узкой V-образной формы. Сильная расчлененность рельефа предопределяет развитие различных экзогенных геологических процессов, а также способствует неравномерному распределению поверхностных и подземных вод.

Гидрогеологические условия территории можно охарактеризовать как благоприятные для формирования подземных вод, это обусловлено следующим: в геологическом разрезе имеются хорошо проницаемые известняки, песчаники, гравелиты, галечники, пески, относящиеся к мезозойско-кайнозойской группе пород; широко распространены выветрелые, трещиноватые осадочные и магматические породы протерозоя и палеозоя; множество водоносных горизонтов и комплексов; наличие перетекания между водоносными комплексами и градиентами, происходящими по стратиграфическим и тектоническим контактам, а также трещиноватым и нарушенным зонам. Исходя из вышеизложенного, более подробно рассмотрим водоносные горизонты и комплексы, которые существенно влияют на разработку месторождения.

**Методы исследования.** По условиям залегания, распространения и питания структуры пустот (поры, трещины) и гидравлическим свойствам на Хандизинском месторождении выделяются следующие водоносные горизонты и комплексы.

*Водоносные горизонты современных четвертичных отложений.*

1. Водоносные горизонты современных отложений четвертичного возраста, слагающие поймы и террасы рек Хандиза и Сангардак.

2. Грунтовые воды зон открытой трещиноватости современной коры выветривания скальных пород.

3. Напорные: а) поровые – водоносный горизонт меловых отложений; б) трещинные воды глубоких горизонтов; в) водоносные комплексы юрских отложений; г) трещинные воды отложений карбона.

4. Эффузивные вулканогенные и осадочные породы (базальные конгломераты, гравелистый песчаник, сланцы, известняки, доломиты, алевролиты).

*Водоносный горизонт аллювиально-пролювиальных отложений* развит в бассейне р. Малянд, представлен галечниками, песками, лессовидными суглинками мощностью до 15–20 м. Коэффициент фильтрации лессовидных суглинков – 0,22 м/сут. Глубина залегания подземных вод наименьшая в поймах ручьев – до 1,0 м, минерализация – 0,3–0,5 г/дм<sup>3</sup>, воды HCO<sub>3</sub>-Ca-SO<sub>4</sub>Ca II типа.

*Водоносный комплекс ниже-среднеюрских отложений (J<sub>2-3</sub>)* представлен песчаниками, конгломератами, гравелитами, алевролитами, аргиллитами. Прослой этих пород не выдержаны по мощности и простиранию, породы трещиноватые. Наклонное залегание пород способствует инфильтрации атмосферных осадков. Водообильность комплекса средняя, преобладают расходы родников, равные десятым долям л/с, реже имеются родники с расходами от 1,0–17,0 л/с. Воды пресные с минерализацией 0,2–0,5 г/дм<sup>3</sup>, HCO<sub>3</sub>-Ca I и II типов.

*Водоносная зона трещиноватости отложений карбона* обнажается в ядрах антиклинальных структур Байсунтау и Сурхантау, слагая незначительные по площади участки. Представлены известняками, кварцевыми порфирами, туфами, конгломератами и сланцами с прослоями конгломератов и песчаников. Общая мощность – 1600 м. Воды пресные с минерализацией 0,2–0,5 г/дм<sup>3</sup>, по химическому составу HCO<sub>3</sub>-Ca I и II типов. Водообильность пород довольно высокая: грунтовые от 0,5 до 13,0 л/с.

*Водоносная зона трещиноватости отложений кембрия.* Породы представлены кварцитами, кристаллическими сланцами, гнейсами общей мощностью до 1200 м. Породы осложнены тектоническими нарушениями, в обнажениях развиты трещины выветривания. Подземные воды выклиниваются в виде родников с расходами – от 0,1 до 7,0 л/с. Минерализация подземных вод – от 0,1 до 0,5 г/дм<sup>3</sup>, по химическому составу HCO<sub>3</sub>-Ca II типа.

*Водоносная зона трещиноватости пород палеозойских интрузивных комплексов и дайковых образований.* Интрузивные породы развиты в ядрах антиклинальных структур Байсунтау и Сурхантау. Представлены трещиноватыми гранито-гнейсами, гранитами, кварцевыми порфирами, диабазами. Подземные воды выклиниваются в пониженных участках с расходами от 0,4 до 10,0 л/с. Минерализация – 0,1–0,3 г/дм<sup>3</sup>, что объясняется чрезвычайной устойчивостью пород магматических образований к растворению и близостью областей питания к местам разгрузки подземных вод. Воды по химическому составу HCO<sub>3</sub>-Ca I и II типов.

*Водоносная зона трещиноватости пород протерозоя* представлена гнейсами, сланцами, кварцитами, мраморами. Обнажаются в ядрах антиклинальных структур. Породы сильно тре-

щиноватые, особенно при поверхностной части, и обводнены. Подземные воды развиты выше базиса эрозии и в местах пересечения массивов протерозойских пород гидрографической сетью; выклиниваются в виде редких родников с расходами от 0,3 до 0,4 г/л, по химическому составу  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  II типа.

В подземных водах Хандизинского рудного поля не наблюдается аномальное содержание тяжелых и радиоактивных элементов. При спектральном анализе сухого остатка проб воды рек Чинарсай и Майдансai обнаружено незначительное содержание свинца, стронция, серебра, титана, лития.

Водоносные горизонты современных аллювиально-пролювиальных отложений не оказывают прямого влияния на формирование инженерно-геологических процессов в горных выработках, они пополняют и расширяют площади обводненных зон нижних горизонтов. Другие водоносные комплексы и зоны трещиноватости оказывают влияние на интенсивность развития различных видов деформации и в целом на устойчивость горных выработок.

В рассматриваемом рудном поле условия формирования подземных вод тесно взаимосвязаны с атмосферными осадками. Резких скачков по повышению водопритока в горных выработках не наблюдается. Основное увеличение водопритока отмечается в весенний период (март–апрель), а также в осеннее время (ноябрь). Максимальные водопритоки в горные выработки совпадают с обильными атмосферными осадками. В 2012 г. выпало 540 мм и, соответственно, увеличился среднегодовой водоприток в горные выработки, который достиг 40 л/с. Штольня № 10: абс. отм. устья – 1353,7 м, длина – 4951 м. Среднегодовой приток составляет 2,1 л/с, Минерализация – 0,04 г/дм<sup>3</sup>,  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  I типа. Удельный водоприток – 1,6 л/с пог. км. Штольня № 10а, абс. отм. устья – 1358,5 м. Общая длина – 3332,8 м. Штольня № 11б: абс. отм. – 1473,5 м. Общая длина – 2654,1 м, инт. 54–78 (24 м) сильный капез. Общий приток – 1,6 л/с, минерализация – 0,4 г/дм<sup>3</sup>. Штольня № 15 участка Чинарсай, абс. отм. +1620 м. Общая длина – 985,5 м, инт. 43–132 (89) м: песчаники, алевриты, породы трещиноватые. Водопритоки в зоне тектонических трещин в туфах липаритовых порфиритов в виде струйного выклинивания. Среднегодовой приток – 0,23 л/с, водопритоки в горных выработках образуются в основном из трещинных вод толщи палеозоя, и по горизонту +1620 м составляют 40–50 л/с при длине горных выработок около 3,0 км. По горизонту +1954,6 м при длине горных выработок 420 м водоприток составляет 20–25 л/с. Удельный линейный водоприток по горизонтам составляет:

$$q_n = (40-50) : 3 = 13,3-16,7 \text{ л/с пог. км,}$$

горизонт +1620 м;

$$q_n = (20-25) : 0,42 = (47,6-59,5) \text{ л/с пог. км,}$$

горизонт +1954,6 м.

По химическому составу трещинные воды гидрокарбонатно-натриевые, магниевые, кальциевые I и II типов, минерализация – до 1 г/дм<sup>3</sup>.

В заключение отметим следующее.

1. Участок водопроявления в горных выработках приурочен к породам различного литологического состава в зонах интенсивной трещиноватости и тектонических нарушений.

2. Водопритоки в горных выработках незначительны (0,2–2 л/с) и не увеличиваются от длины выработок. Для наиболее полного выявления условий водопритоков необходимо продолжить гидрогеологические наблюдения.

3. В большинстве случаев водопроявление приурочено к кровле и стенкам горных выработок.

В настоящее время в Хандизинском рудном поле выделены девять перспективных участков: Диабадам, Центральный, Правобережный, Водный, Северо-Восточный, Чинарсай, Майдансai, Чернова, Янгаклык. Половина участков охвачена разведочными работами, запасы утверждены в ГКЗ, по остальным участкам составлены проекты промышленного освоения и ведутся эксплуатационные работы. На территории Хандизинского рудного поля (на поверхности) широко развиты различные типы процессов. За наиболее крупными и динамичными процессами, угрожающими горнорудным сооружениям и жилым хозяйствам, ведутся наблюдательные работы. Инженерно-геологические процессы, образовавшиеся в период разведочных работ, изучаются гидрогеологами и инженерами-геологами. Результаты материалов по изученным процессам проанализированы, систематизированные данные приводятся ниже. Отметим, что образовавшиеся процессы по типам и видам на всех участках идентичны, но отличаются по объемам и интенсивности. Таким образом, по горным выработкам Хандизинского рудного поля развиты следующие инженерно-геологические процессы.

*Выветривание и разуплотнение горных пород.*

На стенках, кровле и почве, горных выработках происходили иссушение, растрескивание, появление трещин выветривания и трещины разуплотнения, шелушение пород, сопровождающееся осыпанием в виде щебня, дресвы и т. д. Мощность зоны выветривания бывает разной, глубина распространения в крепких породах намного больше по сравнению со слабыми (в зонах дробления). Обычно распространяется до 1 м. Процессы выветривания и разуплотнения горных пород взаимосвязаны. Разуплотнение в горных выработках является одним из ускоряющих элементов выветривания. Оно более интенсивно проявляется в глубоких горизонтах. В результате разгрузки по контуру горных выработок образуются зоны разуплотненных пород, где происходит раскрытие скрытых и закрытых трещин и образуются новые упругие трещины.

По литературным данным, очень мало освещены вопросы о мощностях зоны разуплотнения горных пород. По нашим наблюдениям, в скальных и полускальных породах по контурам подземных

выработок они достигают 3–4 м, образуя поверхность и зоны ослабления. Такие зоны в горных выработках потенциально неустойчивые. На таких участках в скальных породах часто образуются (вне зоны разлома) вывалы и купола, а в зонах разломов – осыпи. Проведенные исследования на многих месторождениях, а также в Хандизинском рудном поле, показывают, что выветривание в верхних горизонтах проявляется четко, а в нижних горизонтах отличить от процесса разуплотнения очень сложно, так как нарушение сплошности пород по характеру и формам в основном соответствует процессу разуплотнения. В верхних горизонтах наоборот – процессам выветривания.

Выветривание и разуплотнение в горных породах является одной из форм их разрушения, приводящей к изменению прочности, водопроницаемости, развитию обрушений, вывалов, осыпания и др.

*Обрушения горных пород* самый распространенный вид инженерно-геологических процессов. В литературе широко освещены работы о формах проявлений, объемах, нанесенных ущербах и т. д. Они часто препятствуют нормальной работе горнопроходческих систем, обрушая (выламывая) крепежные материалы, засыпая пройденное пространство. В некоторых случаях из-за невозможности восстановления обходные выработки ликвидируют. Иногда ствол горных выработок расширяют в 2–3 раза. Они чаще происходят в устьевых частях расчески со штреками и т. д.

На Хандизинском рудном поле в процессе геологической разведки и в период эксплуатации на всех участках образовалось обрушение с различными объемами, формами, условиями и т. д. Наиболее характерные обрушения на стволах штолен № 15 и № 12 участка Чинарсай. В ослабленных зонах и участках (контакты разнотипные, сильно метасоматически измененные, нарушенные породы, зоны тектонически раздробленных мелкоблочных пород – (обводненных участков) проходка горных выработок осуществляется креплением. Даже на таких (крепленых) участках происходит масса обрушений. На штольне № 15, в левой стенке штрека № 1 обрушились породы объемом около 6 м<sup>3</sup>, на этом участке породы представлены туфо-андезитами, имеются несколько серий трещин с азимутами падения от пологих до вертикальных (рис. 2). На обрушенных стенках видны крупные блоки и направление главных систем трещин, а также крепежных материалов. Механизм обрушения заключается в том, что отрыв блоков со стенки с захватом кровли они скатываются и свободно падают вниз. Некоторые блоки отрываются поэтапно за счет разгрузки. Кроме того, данное обрушение характерно тем, что после полного обрушения, которое держит крепление, возможно, образуются вывалы по блокам. На этом штреке имеется несколько обрушений, по механизму почти аналогичные, но по условиям (зона формирующихся обрушений ослабленных пород) образования, объему обрушивших масс, приуроченности к горным выработкам незначительно отличаются друг от друга.

Например, образовавшиеся обрушения на этом же штреке объемом около 5 м<sup>3</sup> (рис. 3) – эта зона представлена ожелезненными неустойчивыми сильнотрещиноватыми порфиритами, где



Рис. 2. Обрушения по контактам напластования раздробленных пород на кровле горных выработок с захватом левой стенки



Рис. 3. Обрушение на правой стенке (а) и на кровле горных выработок (б)

имеются выходы подземных вод по трещинам в виде капеза, которые влияют на изменение прочности горных пород.

**Вывалы горных пород:** часто встречающиеся процессы в горных выработках; условия образования вывалов так же, как и обрушения, зависят от разрывных нарушений и их расположения относительно пролетов горных выработок. Они проявляются в различной форме и отличаются размерами в зависимости от густоты сети трещин, образующих блочности массива, разрывные нарушения и их мощности, а границы их в той или иной степени зависят от элементов их залегания.

В горных выработках Хандизинского месторождения развиты многочисленные вывалы горных пород различного типа, формы и объемов. В основном (90%) они формируются в кровле горизонтальных и наклонных горных выработок. На штреке № 1, штольня № 15 имеются вывалы безупорного типа ячеистой формы (Ф 2.3а), объем которых составляет от 2 до 3,5 м<sup>3</sup>. В этом же штреке имеются вывалы полуупорного типа (Ф 2.3б), чашеобразной формы. Имеются комбинированные, образующие вывалы, обрушения, осыпи. Первые два типа вывала образовались в сильнотрещиноватых, средне- и крупнообломочных породах, а третья (комбинированная деформация) образовалась в зонах дробления на обводненных участках.

В некоторых случаях вывалы провоцируют обрушение, т. е. сначала образуются вывалы, затем обрушения или наоборот. Такие процессы в большинстве случаев формируются в узловых частях скрещенных разломов [7].

Анализируя инженерно-геологические процессы, развитие на горизонтальных и наклонных горных выработках, можно отметить следующее.

1. Процессы, не оказывающие прямого отрицательного действия на горно-технические сооружения и производство горно-проходческих работ, но способствующих развитию других процессов. К этим процессам относятся выветривание, разуплотнение, иссушение горных пород, растрескивание, появление трещин, выветривание, шелушение пород. Они провоцируют друг друга, в результате чего происходит осыпание типа щебня. Кроме того, эти процессы способствуют проникновению воды на значительную глубину и в сравнительно мере увлажняют породы.

2. Инженерно-геологические процессы, приносящие большой ущерб, тормозящие проходку разведочных и эксплуатационных горных выработок, порой в результате этих процессов происходят опасные явления, к которым относятся обрушения, вывалы горных пород.

3. Установлены закономерности формирования ИГП в горных выработках: выветривание и иссушение горных пород четко проявляются в верхних горизонтах до уровня базиса эрозии; разуплотнение горных пород заметно проявляется в нижних (глубже базиса эрозии) горизонтах, а в верхних совмещается с выветриванием; в основном обру-

шение формируется в местах пересечения горных выработок тектонически нарушенных зон и, в меньшей степени, с большим объемом на контактах разнотипных пород, залегающих параллельно со стенкой горных выработок, угол падения которых не превышает 50–60°. Форма проявления и объемы обрушившихся пород predeterminedены величиной зоны нарушения, крупностью структурных блоков и зависят от расположения горных выработок. Крупные обрушения происходят в том случае, когда мощность зоны дробления значительно превышает ширину выработок, а угол падения близок к прямому простираению разлома, совпадает с направлением выработки, при котором формируется плоская форма обрушения, а при крупноблочном строении участка образуется ячеистая форма обрушения. Когда кровля и стенка горных выработок совпадают в зонах дробления, образуются куполообразная или корытообразная форма обрушения; вывалы образуются на местах пересечения с горными выработками разломов и крупных тектонических трещин, в любых породах, имеющих крупнообломочное строение. Они до настоящего времени на Хандизинском месторождении не были отмечены. Согласно проведенным исследованиям в других регионах Узбекистана и по литературным данным, в крутопадающих породах, имеющих блочное строение, такие типы ИГП не формировались. Таким образом, анализ приведенных сведений указывает на то, что причина формирования ИГП на месторождениях твердых полезных ископаемых и устойчивость подземных горных выработок в основном зависят от структурно-тектонического строения массива, а также свойств горных пород и их расположения относительно подземных горных выработок, т. е. параметров, описывающих геологическое строение, с параметрами горно-технических условий подземных сооружений.

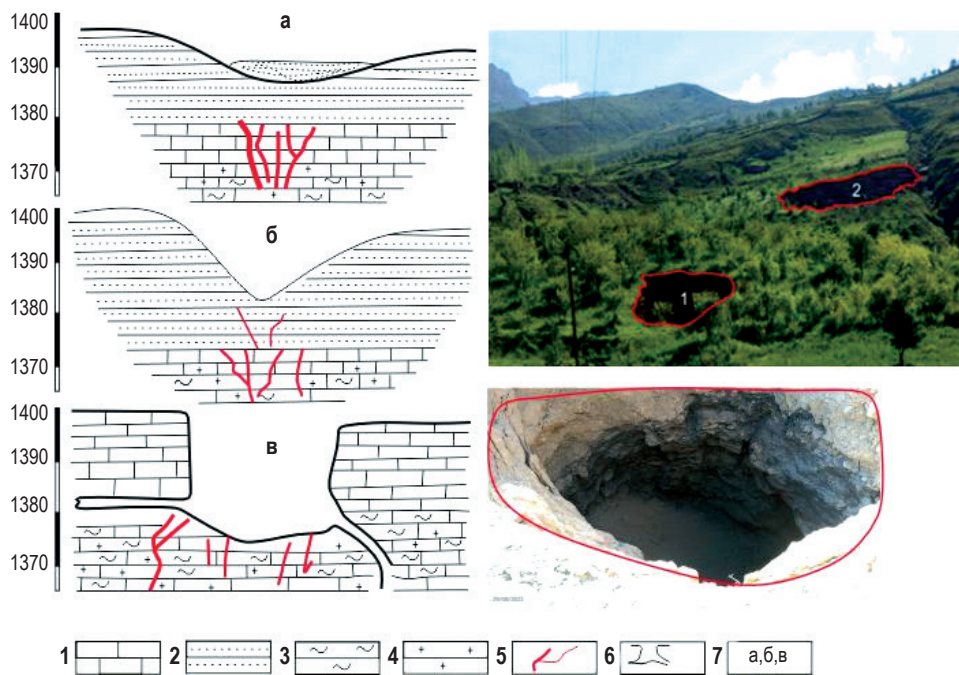
**Современные инженерно-геологические процессы.** На площади работ Хандиза рядом с селом Дибодом 16 февраля 2016 г. в 4–5 часов утра образовались две суффозионные воронки (рис. 4). Первая суффозионная воронка расположена на абс. отм. 1490–1495 м, диаметр равен 13 × 20 м, глубина видимости 6–8 м, воронка имеет прямоугольную форму. Вторая суффозионная воронка расположена на абс. отм. 1545 м, диаметр 12 × 13 м, она имеет овальную форму, уходя на глубину 155 м до шахтного горизонта 1390 м. Также были продолжены наблюдения.

– 18–19.02.2016 г. у первой воронки параметры не изменились, а у второй – диаметр увеличился до 20–22 м;

– 20–21.02.2016 г. у первой воронки параметры не изменились, а у второй – диаметр увеличился до 30–32 м;

– 23–24.02.2016 г. у первой воронки параметры не изменились, а у второй – диаметр увеличился до 50–62 м;

– 04.03.2016 г. у первой воронки параметры не изменились, а у второй – диаметр увеличился



**Рис. 4. Провальные воронки, наиболее распространенные в горных и равнинных районах:**  
 1 – известняк; 2 – песчаник и суглинок; 3 – сланец; 4 – алевриты, риолиты; 5 – разлом; 6 – провал;  
 7: а – поверхностного растворения воронки, б – провальные, в – воронки просасывания

до 56–66 м [4]. На участке Дибодом в тот же день в зоне верхней провальной воронки образовались трещины в 50–80 м, а также образовались дугообразные трещины длиной 50–160 м, шириной 10–40 см, амплитудой 50–60 см и серией мелких трещин протяженностью 10–45 см.

Это связано с тем, что участок провала воронки расположен непосредственно в зоне тектонических нарушений и залегают почти вертикально. В обоих случаях на склонах, сложенных лессовыми породами, может образоваться оползень.

В связи со сложностью проведения обследования местности, условиями их формирования необходимо доизучение. В вышеупомянутых типах ИГП, кроме мульды сдвига и выдавливания горных пород, все остальные процессы также присутствуют на месторождении Хандиза.

**Обсуждение результатов.** При оценке и прогнозе нарушенности и трещиноватости рудных месторождений Южного Узбекистана по методу аналогии необходимо учитывать, что при прочих равных условиях осложнения на шахтах и карьерах преимущественно связаны с такими литологическими и петрографическими типами пород, которые характеризуются малой прочностью и высокой ползучестью, а также приуроченностью к контактам литологически и петрографически различающихся геологических тел. Как отмечалось, механически наиболее слабыми породами Южно-Узбекистанского горнорудного района (по месторождению Хандиза) являются песчаники, сиениты, сиенит-порфиры, риолит-аргиллиты, кремнисто-карбонатная порода, а также различные глиноподобные образования. Механи-

чески слабые породы должны рассматриваться при инженерно-геологическом прогнозировании как потенциально неустойчивые, склонные к разрушению, сползанию и обрушению в выработанном пространстве. Полученные результаты изучения геологических свойств горных пород по методам аналогии отражены в табл. 1.

Трещиноватость изучалась по площадкам на естественных и искусственных обнажениях (размеры 1 × 2 м), на каждой из которых было зарегистрировано от 7 до 12 трещин, по генезису трещины относятся к тектоническим. Кроме того, имеются трещины искусственного происхождения, связанные с разгрузкой и буровзрывными работами.

Исходя из геологического строения, на месторождении развиты пять систем разрывных нарушений, а это значит, что по предлагаемой методике будут определены 15 систем, восемь из них взаимно коррелируются, т. е. система трещин приравнивается к семи. Кроме того, возможно присутствие еще одной или двух систем, связанных со слоистостью залегающих пород.

Наличие в массиве семи систем трещин не вызывает сомнения, т. к. роза трещин месторождения выявляет семь пиковых значений. Что касается двух систем, можно предположить, что углы будут варьироваться в пределах 30–50°. Из вышеизложенного выявленные восемь систем трещин показаны в табл. 2.

Анализ и обобщение полученных инженерно-геологических результатов позволили составить карты прогноза изменений гидрогеологических и инженерно-геологических условий при отработке месторождений. Эти карты составлены в двух

Изменения показателей инженерно-геологических свойств горных пород в зависимости от положения участков относительно разрывных нарушений

Степень трещиноватости пород	Расположение участков относительно разрывных нарушений	Коэффициент трещинной пустотности, %	Категория прочности	Предел прочности на сжатие, МПа
Интенсивно трещиноватые	В зонах разлома на расстоянии до 5 м от разломов	6,0–8,0 4,5–6,0	Слабая низкопрочная	До 1 0–30
Умеренно-трещиноватые	5–15 м от разломов	3,0–4,5	Прочная	30–50
Слаботрещиноватые	15–20 м от разломов	1,5–3,0	Высокопрочная	50–100

вариантах. Первый вариант – карта районирования, на ней отражена интенсивность изменения инженерно-геологических условий при эксплуатации. Полученные результаты позволили использовать в практических целях методику многофакторного инженерно-геологического прогнозирования с учетом нарушенности и трещиноватости и их влияния на устойчивость горных выработок. При интенсивности изменения инженерно-геологических условий и эксплуатации выделены следующие участки: неизменяющиеся, слабо изменяющиеся, сильно изменяющиеся, очень сильно изменяющиеся. При выделении участков учитывались особенности: литология пород, тектонические особенности, гидрогеологические и инженерно-геологические условия при эксплуатации месторождений. Второй вариант – прогноз изменений инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых.

Карта составлена по категории инженерно-геологических потенциалов изменений природных условий в связи с предполагаемыми горными работами на основе учета выявленных закономерностей изменения инженерно-геологических характеристик пород, развитых в них процессов, а также прогнозируемых элементов. При составлении данной карты были использованы, кроме основных (геолого-тектонического строения, гидрогеологических условий), косвенные данные, как геофизические (каротажные) материалы, так и сведения о состоянии крепи в горных выработках.

При оценке инженерно-геологического потенциала учитывается комплекс следующих факторов: состав и свойства пород, глубина залегания под-

земных вод, инженерно-геологические процессы (ожидаемые обрушения и выдавливания в горных выработках), а также нарушенности и трещиноватости горных пород.

На месторождении выделяется категория участков с различной степенью инженерно-геологической устойчивости к изменению природных и горнотехнических условий.

Рассмотрим категории с высоким инженерно-геологическим потенциалом (ИГП), под которым понимается чувствительность участка к внешнему воздействию, ее запас устойчивости по отношению к инженерной нагрузке.

**Участок «А»: устойчивые, неизменяющиеся**, сложенные песчаником, пересекающиеся тектоническими нарушениями с зонами разломов крупнозернистых порфировидных пород, пористость водовмещающих пород составляет 0,35%, водоотдача – 0,5–1,0%. Расход воды по скважинам изменяется в пределах  $Q = 0,004–0,007$  л/с, удельный дебит  $q = 0,001–0,003$  л/с, коэффициент фильтрации  $K_f = 0,00035$  м/сут, водопроницаемость  $K_m = 0,049–0,11$  м<sup>3</sup>/сут.

Породы массивные крепкие, слабо и умеренно трещиноватые характеризуются высокими прочностными показателями  $\sigma_{сж} = 49,4–70,2$  МПа. Коэффициент трещинной пустотности (КТП) 1–2,5%, вокруг горных выработок в некоторых интервалах возможны выходы подземных вод (0,001–0,094 л/с).

По улучшению гидрогеологической и инженерно-геологической обстановки необходимо проведение некоторых мероприятий: на отдельных участках проведение профилактических работ для

Таблица 2

Система трещин на месторождении Хандиза

Номер системы	Азимут простирания	Угол падения, град	Номер системы	Азимут простирания	Угол падения, град
I	20	24	V	140	62
II	110	80	VI	230	30–50
III	320	76	VII	250	30–50
IV	340	53	VIII	0	25–85

централизации подземных вод, расположенных близко к рассечкам, для использования их как емкостные водоемы для накопления подземных вод с последующим отводом на поверхность (ликвидация длительного накопления воды). В раздробленных зонах и нарушенных участках необходимо произвести крепление.

**Участок «Б»:** *среднеустойчивые*, средне-изменяющиеся со средним инженерно-геологическим потенциалом, сложенные риолит-порфирами, в некоторых интервалах (участках) залегают песчаники и алевролиты, в верхнем горизонте слабо- и среднеизмененный массив, со слабой трещиноватостью, монолитный, массивный, имеются многочисленные открытые трещины КТП 2,5%, отложения слабообводненные с эпизодическим проявлением трещинных вод, водоносные горизонты со слабой водоотдачей. Пористость – 0,37–0,95%, водоотдача изменяется в пределах 1–3%. Расход воды по скважинам составляет  $Q = 0,008–0,1$  л/с; удельный дебит  $q = 0,004–0,006$  л/с; коэффициент фильтрации  $K_f = 0,00036–0,00087$  м/сут; водопроводимость  $K_m = 0,12–0,29$  м<sup>3</sup>/сут; выходы подземных вод – от 0,012 до 0,1 л/с. Развита продольные и диагональные падающие трещины, предел прочности сжатия от 40,5 до 60,2 мПа.

Мероприятия по улучшению гидрогеологической и инженерно-геологической обстановки: необходимо на отдельных участках подготовить лотки для отвода подземных вод в ближайшие рассечки горных выработок, пользующиеся как емкости для временного накопления рудничных вод. Из конструктивных мер: необходимо проводить систематические работы по централизации подземных вод для укрепления некоторых сильно ослабленных и раздробленных участков, для отвода воды на поверхность, чтобы не допускать фильтрации вниз, на глубокие горизонты.

**Участок «В»:** *неустойчивые* (сильноизменяющиеся) с низким инженерно-геологическим потенциалом (ИГП) представлен перемятыми и трещиноватыми туфо-риолит-порфирами, пересеченные зонами разломов, в некоторых интервалах часто распространены переслаивающиеся песчаники, алевролиты, кремнисто-карбонатные породы. Пористость составляет 1,08–2,56%, водоотдача – 3,0–8,6%. Трещинные подземные воды распространены в породах, представленных несколькими кавернозными горизонтами с сильным водопроявлением, приурочены к зонам тектонических нарушений и зонам дробления, расход водопроявлений – до 15 л/с. Расход воды по скважинам составляет  $Q = 0,015–0,055$  л/с, коэффициент фильтрации  $K_f = 0,00085–0,00088$  м/сут, коэффициент трещинной пустотности (КТП) 3–6,0%. Прочностные показатели составляют 3,25–3,31 мПа.

**Заключение.** Результаты полученных исследований позволили оценить с позиции инженерной геологии основные особенности геологического строения рудных месторождений Южного Узбекистана, развитие экзогенных геологических процессов и явлений, а также обрушения, вывалы

и провалы в подземных горных выработках, сопровождающих разработку полезных ископаемых.

Установлено, что наиболее существенным геологическим фактором является приуроченность месторождений к сложной системе разломов, определяющих значительное снижение устойчивости рудоносных массивов горных пород и развитие в них тектонической трещиноватости и нарушенности, резко снижающих прочность, несущую способность пород, залегающих на контуре подземных горных выработок.

Влияние дизъюнктивного фактора в значительной мере осложняется литолого-петрографической неоднородностью сложно переслаивающихся осадочных и метаморфических образований и внедрившихся в них гранитных интрузий. Большинство наиболее крупных разрывных нарушений региона относится к деформациям сбросо-сдвигового типа и представлено серией сближенных разломов и зон разрывных нарушений.

На условиях разработки месторождения существенно сказывается ориентировка разрывов, трещиноватости и нарушенности контуров эксплуатационных выработок, а также сочетание ориентировки разломов с различными вариантами залегания интрузивных толщ складчатого с крутыми и пологими углами падений и т. п.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арипова Ф. М., Мирасланов М. М. и др. Физико-механические свойства горных пород рудных месторождений Узбекистана. – Ташкент: ГП «ГИДРОИНГЕО», 2006. – 223 с.
2. Курбанов Э. Ш. Особенности формирования обвально-провальных обрушений в условиях месторождения Хандиза // Горный вестник Узбекистана. – 2022. – № 2 (89). – С. 46–49.
3. Курбанов Э. Ш., Абдурахманов Б. М. Анализ и оценка инженерно-геологических процессов при подземной разработке месторождения Нилу // Разведка и охрана недр. – 2022. – № 10. – С. 31–36.
4. Меликулов Р. А., Худойкулов А. А. Особенности развития провальных воронок юго-западной территории Узбекистана и основные факторы их формирования // Мат-лы I Междунар. науч.-техн. конф. «Роль науки и практики в усилении устойчивости и актуализации управления рисками проявления экзогенных геологических процессов». – Ташкент: ГП «ИМП», 2019. – С. 47–51.
5. Мирасланов М. М. Инженерная геология, гидрогеология месторождений твердых полезных ископаемых Узбекистана. – Ташкент: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2011. – С. 100–164.
6. Мирасланов М. М., Закиров М. М. Инженерно-геологические процессы, развитие на месторождениях твердых полезных ископаемых Узбекистана: оценка и прогноз. – Ташкент, 2015. – 166 с.
7. Abdurakhmanov B. M. Hydrogeological and engineering-geological processes in «Khandiza» deposit // International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences Centre for Info Bio Technology, Jaipur. – India, 2018 (September–December). – Pp. 92–98.

## REFERENCES

1. Aripova F. M., Miraslanov M. M. et al. Fiziko-mekhanicheskie svoystva gornyh porod rudnyh mestorozh-

denij Uzbekistana. Tashkent, GP «GIDROINGEO», 2006, 223 p.

2. Kurbanov Je. Sh. Osobnosti formirovanija obval'no-proval'nyh obrushenij v uslovijah mestorozhdenija Handiza. *Gornyj vestnik Uzbekistana*, 2022, no. 2 (89), pp. 46–49.

3. Kurbanov Je. Sh., Abdurahmanov B. M. Analiz i ocenka inzhenerno-geologicheskikh processov pri podzemnoj razrabotke mestorozhdenija Nilu. *Razvedka i ohrana neдр*, 2022, no. 10, pp. 31–36.

4. Melikulov R. A., Hudojkulov A. A. Osobnosti razvitiya proval'nyh voronok jugo-zapadnoj territorii Uzbekistana i osnovnye faktory ih formirovanija. *Mat-ly I Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. «Rol' nauki i praktiki v usilenii ustojchivosti i aktualizacii upravlenija riskami pojavlenija jezkogen-*

*nyh geologicheskikh processov»*. Tashkent, GP «IMR», 2019, pp. 47–51.

5. Miraslanov M. M. Inzhenernaja geologija, gidrogeologija mestorozhdenij tverdyh poleznyh iskopaemyh Uzbekistana. Tashkent, GP «Institut GIDROINGEO», 2011, pp. 100–164.

6. Miraslanov M. M., Zakirov M. M. Inzhenerno-geologicheskie processy, razvitye na mestorozhdenijah tverdyh poleznyh iskopaemyh Uzbekistana: ocenka i prognoz. Tashkent, 2015, 166 p.

7. Abdurahmanov B. M. Hydrogeological and engineering-geological processes in «Khandiza» deposit. *International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences Centre for Info Bio Technology, Jaipur, India*, 2018 (September–December), pp. 92–98.

---

*Kurbanov Elboy Shavkatovich* – доктор философии геол.-минерал. наук, зав. лабораторией. <elboy.qurbonov@mail.ru>

*Mingboev Kadirzhon Ruzimovich* – канд. геол.-минерал. наук, директор.

*Oxunov Farrukh Abdukakharovich* – доктор философии геол.-минерал. наук, зам. директора по науке и инновациям.

*Abdurakhmanov Batir Mirzapovich* – инженер-гидрогеолог I категории. <abdurakhmanov.b60@mail.ru>

*Gafurov Timur Abdullaevich* – зав. лабораторией.

*Kurbanov Elboy Shavkatovich* – Doctor of Philosophy of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Laboratory. <elboy.qurbonov@mail.ru>

*Mingboev Kadirzhon Ruzimovich* – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Director.

*Okhunov Farrukh Abdukakharovich* – Doctor of Philosophy of Geological and Mineralogical Sciences, Deputy Director for Science and Innovation.

*Abdurakhmanov Batir Mirzapovich* – Engineer-hydrogeologist. <abdurakhmanov.b60@mail.ru>

*Gafurov Timur Abdullaevich* – Head of Laboratory.

Институт гидрогеологии и инженерной геологии (ГУ «Институт ГИДРОИНГЕО»). Ул. Олимлар, 64, Ташкент, Узбекистан, 100041.

Institute of Hydrogeology and Engineering Geology (SE «Institute GIDROINGEO»). 64 Ul. Olimlar, Tashkent, Uzbekistan, 100041.