

Научная статья

УДК 551.243:[556.3+624.131]:553(575.1)
doi:10.52349/0869-7892_2025_101_88-99**Ключевые слова:** шахты, карьеры, трещиноватость, прочность, гидрогеология, геология**Для цитирования:** Курбанов Э. Ш., Ахунжанов А. М., Усманов С. Р. Влияние структурно-тектонических условий на гидрогеологическое и инженерно-геологическое состояние рудных месторождений Республики Узбекистан // Региональная геология и металлогения. 2025. Т. 32, № 1. С. 88–99. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_101_88-99

Original article

UDC 551.243:[556.3+624.131]:553(575.1)
doi:10.52349/0869-7892_2025_101_88-99**Keywords:** mines, quarries, fracturing, rigidity, hydrogeology, geology© Э. Ш. Курбанов, А. М. Ахунжанов,
С. Р. Усманов, 2025

Влияние структурно-тектонических условий на гидрогеологическое и инженерно-геологическое состояние рудных месторождений Республики Узбекистан

Э. Ш. Курбанов✉, А. М. Ахунжанов, С. Р. Усманов

ГУ «Институт гидрогеологии и инженерной геологии»,
Университет геологических наук Республики Узбекистан, Ташкент,
Узбекистан, elboy.qurbonov@mail.ru✉

Аннотация. Рассматривается необходимость установления структурно-тектонических характеристик месторождений при оценке гидрогеологических и инженерно-геологических условий их освоения (на примере отдельных месторождений Центральных Кызылкумов). Методика исследований включала отбор образцов для определения физико-механических свойств горных пород, а также анализ и оценку структурно-тектонических характеристик и их взаимосвязь с гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями при освоении месторождений. Исследованы разведочные горные выработки месторождений, расположенных в южной гряде Тамдытау, в пределах Ауминза-Бельтауского, Ауминзатауского горных массивов. Установлено, что местонахождения деформаций приурочены к разрывным нарушениям и контактам литологических разностей пород. Среди широко развитых на рудном поле разрывных нарушений по масштабности по отношению к пликативным структурам выделяются две крупные группы: региональные разрывные структуры и разрывы местного характера. Выявлено, что вскрышные толщи в основном крепкие, прочные, но наличие прослоев слабых пород, углисто-сланцевых сланцев и глинки трения мощностью от нескольких миллиметров до 10–15 см в сочетании с тектоническими нарушениями снижают прочность массива.

Influence of structural and tectonic properties on hydrogeological and geotechnical conditions of deposits in the Republic of Uzbekistan

E. Sh. Kurbanov✉, A. M. Akhunzhanov, S. R. Usmanov

SE “Institute of Hydrogeology and Engineering Geology”,
University of Geological Sciences, Tashkent, Uzbekistan,
elboy.qurbonov@mail.ru✉

Abstract. The paper establishes structural and tectonic properties of deposits in order to assess hydrogeological and geotechnical conditions of their development (based on individual deposits in the Central Kyzylkum region). The research methodology involved selecting samples to determine physical and mechanical properties of rocks as well as analyzing and assessing structural and tectonic properties and their relationship with hydrogeological and geotechnical conditions when developing deposits. There were explored mine workings of deposits located in the southern ridge of Tamdytau, within the Auminza-Beltau, Auminzatau

For citation: Kurbanov E. Sh., Akhunzhanov A. M., Usmanov S. R. Influence of structural and tectonic properties on hydrogeological and geotechnical conditions of deposits in the Republic of Uzbekistan. *Regional Geology and Metallogeny*. 2025; 32 (1): 88–99. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2025_101_88-99

mountain ranges. The deformations locations were found to be confined to faults and contacts of lithological rock differences. There are two large groups of well represented faults in the ore field, as they relate to scale and fold structures: regional and local fault structures. The overburden rock mass is mostly tough and hard, but soft rock interlayers, carbonaceous clayey shales, and clay gouge with a thickness of several millimeters to 10–15 cm, accompanied by tectonic disturbances, reduce the massif strength.

ВВЕДЕНИЕ

В Узбекистане продолжается интенсивное освоение новых перспективных регионов, которые могут стать надежной минерально-сырьевой базой для различных отраслей промышленности. Одним из таких регионов являются Центральные Кызылкумы — крупная пустынная территория площадью около 300 тыс. км², расположенная в междуречье Амударьи и Сырдарьи. К Центральным Кызылкумам относятся Зарафшанский и Нижнеамударьинский экономические районы, располагающие значительными ресурсами минерального сырья. В Зарафшанском районе существуют реальные предпосылки для создания и развития нескольких горнопромышленных узлов, в том числе Зарафшанского, базирующегося на месторождении Мурунтау.

В Центральных Кызылкумах в настоящее время разрабатываются и разведываются различные типы месторождений полезных ископаемых. При открытой разработке и разведке шахтным способом возникают неблагоприятные процессы и явления — обрушения, вывалы и выветривание пород на откосах бортов карьеров и в подземных горных выработках, наиболее характерные для переслаивающейся дислоцированной сланцевой толщи. Породы здесь залегают с крутым падением и частым чередованием различных литологических разностей, невыдержанных по мощности и простиранию. Широко развиты зоны расланцевания, перемятия, имеются разрывные нарушения, зоны дробления [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Месторождения по инженерно-геологическим условиям отработки и расположению мы делим на три группы: Тамдытау, Ауминза-Бельтау и Ауминзатау. Месторождения, расположенные в южной субширотной гряде Тамдытау, представляют собой сочетание горных возвышенностей с максимальной высотой 970 м над уровнем моря и межгорных тектонических впадин, большей частью покрытых эоловыми песками. В пределах рудных районов наблюдается мощная толща сильно дислоцированных осадочно-метаморфизованных пород. Водовмещающими являются отложения бесапанской свиты, представленные (снизу вверх): слюдисто-кварцевыми алевритами, переслаивающимися с углисто-сланцевыми, филлитовидными слюдисто-кварцевыми, углисто-кремнистыми сланцами. Тектонические нарушения, образующие зоны дробления различной

мощности, значительно осложняют инженерно-геологические условия, уменьшая жесткие связи по плоскостям скольжения. При этом наибольшие ослабления наблюдаются в случаях, когда трещины заполнены увлажненными углисто-сланцевыми сланцами [2].

В настоящее время в этих условиях подземные горные выработки обрабатываются камерной системой, представляющей собой штольни, штреки и рассечки. В первую очередь это относится к рудным месторождениям, составляющим значительную часть минерально-сырьевых богатств региона. Как показывает практика горного дела, одни из инженерно-геологических особенностей месторождений могут существенно затруднять добычу руд, тогда как другие в некоторых случаях способствуют ее успешному осуществлению.

В связи с этим очень большое значение имеет оценка гидрогеологических, инженерно-геологических условий месторождений. Решение этой задачи приобретает особую актуальность в связи с повышением требований к обоснованности выбора месторождений для детальной разведки и промышленного освоения. При проектировании шахт и карьеров необходимо выбирать оптимальные технологические варианты вскрытия и выемки полезных ископаемых и своевременно предусматривать защитные меры, исключающие или ограничивающие последствия неблагоприятных процессов и явлений, имея подробную информацию о будущей горно-геологической обстановке.

Среди основных методов исследования — геологическое изучение разведочных и эксплуатационных горных выработок, изучение трещиноватости горных пород на поверхности, в подземных горных выработках и по керну геологоразведочных скважин, отбор проб для изучения физико-механических свойств горных пород.

Главными компонентами инженерно-геологических условий, способными оказывать значительное влияние на эффективность и безопасность разработки рудных месторождений Центральных Кызылкумов, являются: а) литогенетические особенности массивов горных пород, выражающиеся в их литологическом составе, мощности и последовательности чередования слоев в геологическом разрезе продуктивных толщ, наличие прослоев механически прочных и слабых пород; б) структурно-тектонические особенности массивов и, в частности, наличие узлов пересечения двух или более разломов с характерными для них мощными зонами мелко- и крупноблокового дробления, развитие и сочетание в пространстве

мелких дизъюнктивных и пликативных структур, наличие тектонических зон и поверхностей ослабления и (в особенности) тектонических трещин, заполненных легко размокающими глинками трения и углисто-слюдистым материалом; в) ориентировка зон и поверхностей ослабления в массивах горных пород относительно горных выработок шахт и карьеров; г) процессы деформации горных выработок, обрушения, сползания, выдавливания пород в выработанное пространство.

При инженерно-геологической оценке массивов горных пород, вмещающих различные полезные ископаемые, должны учитываться их физико-механические и, в частности, реологические свойства, закономерности изменения этих свойств под влиянием гидрогеологических и гидрогеохимических факторов, особенности развития трещиноватости, а также закономерности возникновения и локализации инженерно-геологических процессов и явлений, сопровождающих горно-эксплуатационные работы при различных сочетаниях инженерно-геологических факторов.

В процессе подземной разработки месторождений могут в значительной мере проявляться геологические процессы и явления, обусловленные деформацией пород на глубоких горизонтах. Наибольшей деформацией характеризуются кварцево-слюдистые аргиллиты, кварцево-углистые сланцы, филлитовидные сланцы и глиноподобные породы. Эти породы, особенно при увлажнении их шахтными водами, будут в наибольшей степени подвергаться деформации ползучести в подземных выработках при длительном воздействии на них горного давления.

В условиях длительного действия горного давления в глубоких шахтах и карьерах с течением времени развиваются необратимые пластические деформации пород, обусловленные процессами ползучести. Эти деформации могут оцениваться по результатам лабораторного изучения реологических свойств горных пород.

Таким образом, при глубинной разработке полезных ископаемых Центральных Кызылкумов свыше 300 м возможно выдавливание вмещающих пород в горные выработки, что отрицательно скажется на ведении горных пород и должно учитываться при проектировании и эксплуатации глубоких шахт и карьеров. Исследования показали, что при замачивании горных пород шахтными водами увеличивается их ползучесть. Наиболее высокой ползучестью, а следовательно, и способностью к выдавливанию в горные выработки в Центральных Кызылкумах обладают метаморфизованные кварцево-слюдистые аргиллиты, кварцево-углистые сланцы, филлитовидные сланцы и глиноподобная порода. Последние (особенно при увлажнении шахтными водами) будут в наибольшей степени подвергаться деформации ползучести в горных выработках при длительном воздействии давления.

Объектами проведенных исследований являлись месторождения, находящиеся в Ауминза-Бельтауском, Мурунтауском и Кокпатасском рудных районах Центральных Кызылкумов. Ниже приводятся основные данные о геологическом строении и тесно связанных с ним инженерно-геологических условиях указанных районов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Ауминза-Бельтауский рудный район. Этот район с принадлежащими к нему рудными месторождениями — Высоковольтное, Кос, Дж — приурочен и к горному массиву Ауминзатау, характеризующемуся чередованием невысоких возвышенностей и бессточных котловин, вытянутых в северо-восточном направлении. Горные гряды переходят в полого-холмистые предгорные увалистые равнины. Абсолютные отметки вершин составляют 600–700 м, относительные превышения водоразделов над ложем саев — 20–30 м.

Горный массив Ауминзатау располагается в краевой части эпигерцинской платформенной области, активизированной в неоген-четвертичное время. Неотектоническими движениями здесь выведен на современный эрозионный уровень комплекс пород нижнего палеозоя, метаморфизованных до фации зеленых сланцев. Последние фиксируются в Ауминзатау на крыльях и в периклинальной части одноименного антиклинория, сводовая часть которого интродуцирована гранитоидным массивом позднекаменноугольного, раннепермского возраста.

Ауминзатауский массив имеет двухъярусное строение. Нижний ярус (фундамент) представлен сложнислоцированными верхнепротерозойскими нижнепалеозойскими слабометаморфизованными отложениями. В составе пород фундамента отмечаются (снизу вверх) вулканогенно-осадочные отложения углеродисто-кремнистой формации тасказганской свиты и терригенно-осадочные образования бесапанской свиты. Породы тасказганской свиты фиксируются в субскладчатых тектонических покровах шарьяжа на северном и южном крыльях антиклинория. Шарьяжная структура представлена глинистыми сланцами и песчаниками бесапанской свиты. Верхний ярус (чехол) сложен терригенно-осадочными породами мезозойско-кайнозойского возраста, образующими пологие брахиструктуры. Разрывная тектоника представлена широко и разнообразно. Здесь принято следующее разделение разрывных нарушений по возрасту их заложения и морфологии:

- а) каледонские разломы — сбросы субширотного направления;
- б) позднепалеозойские — взбросы северо-восточного и субмеридионального направления, сбросы юго-восточного простираения и надвиги;
- в) альпийские — ступенчатые субширотные сбросы.

Месторождение Высоковольтное представлено зонами прожилково-вкрапленного оруденения, приуроченными к южному флангу Даугызтауского разлома, пересекаемого разломом, ориентированным в восток-северо-восточном направлении.

Даугызтауский разлом простирается по азимуту 20–30° (падение на юго-восток, 45–85°). Он представлен серией оближенных субпараллельных нарушений, общая мощность нарушенной зоны составляет 70–130 м.

Субширотный разлом прослежен на месторождениях с азимутом простираения 55–90°; поверхность

разлома падает к югу под углами 35–70°. В отличие от Даугызтауского, он не сопровождается параллельными складками и является сравнительно мелким. Его длина составляет 1,5–2,0 км, общая мощность нарушенной зоны не превышает 100–150 м. Мощность зон смятия и морфология названных выше разноориентированных разломов по мере удаления от узла их пересечения изменяются. В геологическом строении месторождения принимают участие песчаники, алевролитовые песчаники, алевролиты и сланцы.

Месторождения Кос, Дж приурочены к отложениям тасказганской свиты, преимущественно к горизонту углеродисто-кремнистых сланцев, слагающих верхнюю часть ее разреза.

Месторождение Кос совместно с месторождением Рудное располагается в северной части массива Ауминзатау, месторождение Дж приурочено к так называемому южному тектоническому покрову, сложенному комплексом пород углеродисто-кремнистой формации.

В геологическом строении наиболее детально изученного месторождения Дж принимают участие два горизонта верхней части тасказганской свиты. Нижний кремнисто-филлитовидный горизонт представлен преимущественно углеродисто-кремнистыми сланцами с прослоями (до 40 м) филлитовидных сланцев. Породы горизонта пользуются широким распространением и обнажаются на поверхности в аллохтонном блоке Шохетауской надвиговой структуры как на месторождении, так и на его западном, северном и восточном флангах. Мощность горизонта более 300 м.

Переходный филлитовый горизонт фиксируется с поверхности во фронтальных южной и западной частях Шохетауского надвига в автохтонном блоке, а также в лежачем, северном боку Дорожного разлома. В разрезе горизонта отмечаются преимущественно филлитовидные породы с прослоями (до 20–40 м) углеродисто-кремнистых и глинистых сланцев. Мощность горизонта — 200–250 м.

Четвертичные образования, широко развитые на месторождении, представлены преимущественно продуктами выветривания и отложениями местных временных водотоков: песками, песчано-суглинисто-щебнистым материалом, обогащенными гипсом. Мощность четвертичных отложений изменяется от 1 до 5 м, иногда достигает 10–15 м.

Магматические породы в районе месторождения представлены гранитами позднекаменноугольного Ауминзатауского интрузива и дайками кварцевых порфиров.

В структурном плане месторождение Дж приурочено к сложному тектоническому узлу, лежащему в сочленении разломов северо-западного и субширотного направлений с надвигом на северном крыле Шохетауской антиклинали, сложенном углеродисто-кремнистыми сланцами кремнисто-филлитовидного горизонта.

2. Мурунтауский рудный район. Район располагается в западной части Ауминза-Нуратинской структурно-формационной зоны юго-западного Тянь-Шаня. Типично геосинклинальный этап развития этой зоны

завершился в нижнем силуре, в связи с чем отложения девона и среднего карбона образуют пологий, лишь слабодислоцированный покров. В Тамдытауской и Зарафшано-Алайской зонах, обрамляющих характеризуемую зону соответственно с севера и юга, геосинклинальный режим развития сохранился до конца среднего карбона.

Мурунтауское рудное поле тяготеет к северной краевой части Ауминза-Нуратинской зоны и приурочено в области периклинального замыкания двух пологих антиклинальных складок восток-северо-восточного простирания, сложенных метаморфизованными терригенными толщами нижнего силура. С севера и юга оно ограничено крупными разломами древнего заложения. В формировании складок существенную роль играли вертикальные движения, в связи с чем их можно рассматривать как своеобразные сводовые поднятия, а не типичные складчатые сооружения, характерные для геосинклинальных областей.

В пределах рудного поля развита серия крупнопадающих разрывных нарушений разных направлений. Наиболее крупными являются близширотные разломы, разделяющие рудное поле на ряд блоков, смещенных друг относительно друга. Так, крупный Южный разлом, характеризующийся как взброс со значительной амплитудой перемещения, отделяет северную (Мурунтаускую) антиклиналь от южной. Разломы северо-восточного направления проявляются как сбросо-сдвиги небольшой амплитуды, но большей протяженности. Они наиболее развиты в периклинальной части Мурунтауской антиклинали. Близширотные разрывные нарушения представлены малоамплитудными сбросами, они развиты вблизи северо-восточных разломов и нередко ограничиваются ими как сопряженные.

Согласно данным, в основании разреза залегают метаморфические породы тасказганской свиты, представленные альбит-серицит-кварцевыми и кварцево-кремнистыми сланцами. Эта толща согласно перекрывается турбайской свитой, представляющей собой тонкое переслаивание сланцев, содержащих углистое вещество. Среди них выделяются две основные группы: хлорит-альбит-кварцевые, серицит-кварцевые, серицит-альбит-кварцевые, биотит-альбит-кварцевые разности (первая группа) и биотит-филлитовидные, альбит-кварц-биотитовые, аргиллитовые с биотитом и кальцитом, серицит-хлорит-кварцевые и филлитовидные разности (вторая группа). Общая мощность толщ составляет 1200 м.

Выше турбайской свиты без видимого несогласия залегают сложная толща пород бесапанской или рудовмещающей свиты мощностью около 2500 м с согласно залегающими подсвитами: нижней, средней и верхней. Две первые подсвиты весьма сходны по составу, но несколько различаются по степени метаморфизма, границы между ними проводятся условно. Обе эти подсвиты сложены метаморфизованными алевролитами, песчаниками, кварц-хлоритовыми, кварц-серицит-хлоритовыми, реже — кварцево-сланцевыми сланцами; местами среди этих пород выделяются прослои углистых и углисто-кремнистых сланцев. Алевролиты плотные, массивные, нередко

также тонкослоистые, что выражается чередованием слоев с различной интенсивностью окраски. Для сланцев очень характерно наличие на отдельных участках неправильных, согласных, иногда секущих прожилков метаморфогенного белого кварца, местами образующих линзовидные обособления.

Верхняя подсвита бесапанской свиты представлена значительно менее метаморфизованными песчаниками и крупнозернистыми алевролитами кварц-полевошпатового состава, для которых характерно отсутствие углистого вещества.

В пределах Мурунтауского рудного района к одноименному месторождению с юго-востока примыкает Мютенбайское месторождение. Это месторождение также, как и Мурунтауское, размещается в метаморфизованной осадочной флишоидной толще пород бесапанской свиты раннесилурийского возраста, представленной чередованием алевролитов, филлитовидных сланцев и песчаников. Отличительной особенностью является приуроченность Мютенбайского месторождения к стратиграфически значительно более нижним частям разреза (низам бесапанской свиты). Мютенбайская тектоническая зона, контролирующая оруденение, расположена к юго-востоку от Южного разлома, представляющего собой по характеру взаимного перемещения блоков взбросо-сдвиг с амплитудой смещения порядка 500 м. Юго-восточное крыло разлома поднято по отношению к блоку локализации Мурунтауского рудного поля и значительно эродировано. В зоне, примыкающей к Южному разлому, наблюдается интенсивная приразломная складчатость. Ширина складок — 10–100 м, оси их ориентированы в широтном и северо-восточном направлениях, параллельно соответствующим участкам разлома. Кроме Южного разлома, к наиболее протяженным относится зона субширотных Мютенбайских разломов восток-северо-восточного направления с крутопадающими на север зонами дробления.

Мютенбайское месторождение, приуроченное к южному крылу синклинали, отмечающейся в висячем борту Южного разлома, представлено мощными, сложными по морфологии кварцевыми жилами, многочисленными зонами и штокверками кварцевых и сульфидных прожилков. Рудная зона локализуется в тектоническом блоке, сильнодислоцированными разрывными нарушениями различной ориентировки и масштаба.

3. Кокпатасский рудный район. Кокпатасский рудный район и одноименное рудное поле расположены на южном склоне хр. Букантау. Слагающие его породы приурочены к крупной антиклинальной структуре и относятся к каменноугольной системе, представленной здесь карбонатной, вулканогенно-осадочной и кремнисто-флишоидной формациями. Геологические особенности Кокпатасского рудного поля определяются его образованием на геосинклинальном этапе с интенсивным проявлением тектонических движений и магматизма. Он характеризуется значительными мощностями осадочных в вулканогенно-осадочных формаций, сформировавшихся в условиях неглубокого морского бассейна. В герцинский этап тектогенеза имело место чередование

периодически усиливающихся тектонических движений с относительно спокойной обстановкой. Усиление тектонических движений в начале этапа привело к образованию глубоких субширотных разломов, повлекшему за собой интенсивную вулканическую деятельность.

В заключительный этап герцинского тектогенеза (пермь–триас) усиление тектонической деятельности привело к зарождению трещин и обновлению глубинных разломов, формированию межформационных срывов и местных надвиговых структур. С началом альпийского этапа тектогенеза связано образование большого количества субширотных линейных расколов, сопровождавшееся образованием даек сиенит-диоритов, керсантитов и др. и проявлением интенсивной гидротермальной деятельности.

С конца герцинского этапа отмечается существование длительного платформенного режима, в течение которого породы палеозоя подвергались длительной денудации и нивелировке.

С началом послеплатформенного этапа связано формирование гор, накопление золотых песков, образование бессточных впадин и такыров.

В течение геологической истории развития Кокпатасского рудного поля широкое развитие получили две группы разрывных нарушений:

- 1) разрывные структуры регионального плана, пересекающие всю площадь рудного поля;
- 2) разрывы местного характера, ограниченные площадью рудного поля.

К первой группе относятся Кокпатасский глубинный разлом — широкая тектоническая зона, как правило, субпараллельных сбросов с крутым падением сместителей на юго-восток, и надвиг в восточном крыле Кокпатасской антиклинали, проходящий по контакту карашахской и кокпатасской свит. Во второй группе выделяются следующие системы нарушений:

- разломы северо-западного и северо-восточного простираний;
- сбросо-сдвиги восточного-северо-восточного простирания (в южной и северной частях Кокпатасской антиклинали) амплитудой смещения 10–20 м;
- трещины отрыва субширотного простирания протяженностью до нескольких километров (широко развиты и контролируют оруденение, сопровождаются мощными зонами дробления);
- долгоживущие субмеридиональные разломы, контролирующие распределение даек от древних гипербазитов до самых молодых дайковых образований.

В геологическом строении района принимают участие карбонатные отложения джускудукской свиты, вулканогенно-осадочные породы карашахской и кремнисто-флишоидной кокпатасской свит. Из интрузивных образований развиты дайки основного, среднего и субщелочного составов.

Район месторождения Кокпатас находится в пределах территории, представляющей собой сочетание горных возвышенностей с максимальной высотой 970 м над уровнем моря и межгорных тектонических впадин, большей частью покрытых золотыми песками.

Горы Кокпатас в плане имеют циркуобразное строение и приурочены к крупной брахиантиклинальной складке, краевые части которой сложены породами весьма стойкими (кремнем, окремнелыми доломитами) процессам денудации. Площадь месторождения характеризуется слабым понижением рельефа в южном и юго-восточном направлениях с последующим переходом в равнину. Максимальные абсолютные отметки достигают 510 м, минимальные — 170 м.

Морфологически это равнинное пространство, на фоне которого возвышаются невысокие пенепленизированные горы, сложенные палеозойскими породами. Склоны гор в основном пологие (до 30°), прорезаны густой сетью долин.

Месторождение слагается сланцами, алевролитами, песчаниками, кремнистыми породами, представляющими примерно 30–35 % разреза и имеющими неравномерное распространение. Породы залегают с наклонным крутым падением, отличаются частым чередованием различных литологических разностей, невыдержанных по мощности и простираению, с широким развитием зон расланцевания, наличием надвигов и других дизъюнктивных нарушений.

Основной особенностью Кокпатасского месторождения является его приуроченность в крупной антиклинальной структуре, сочетающейся с дизъюнктивными нарушениями. Геосинклинальный этап формирования пород predetermined значительные мощности и разнообразие литологических разностей в карбонатных породах, вулканогенно-осадочных и кремнисто-флишоидных толщах, а также основные элементы тектонической структуры, что сказывается на анизотропии их свойств. По генезису трещины относятся к тектоническим и литогенетическим. Направления трещин в основном совпадают с разломами субширотного, северо-восточного и субмеридионального направлений. По степени трещиноватости породы отнесены к слабо-среднетрещиноватым, в песчаниках удельная трещиноватость изменяется от 1,97 до 6,35 м/м², коэффициент трещиноватости составляет 3,3–5,7 %.

Сланцы углисто-кварц-хлоритовые характеризуются удельной трещиноватостью 4,1 м/м², коэффициент трещиноватости — 2,1 %. Дайки керантитов и спессартитов отнесены к средне-сильнотрещиноватым породам с удельной трещиноватостью соответственно 2,5–6,4 и 2,5–4,1 м/м², коэффициент трещиноватости — 2,2–6,8 и 3,8–8,1 %.

Породы всех литологических разностей, объединенных в пачки, по физическим показателям не имеют заметных расхождений. Объемный вес пород изменяется от 2,60 до 2,72 г/см³, составляя в среднем 2,67 г/см³, удельный вес — от 2,62 до 2,75 г/см³, причем более высокие значения соответствуют доломитам и кремнистым разностям.

Между пористостью, исчисляемой долями процентов, и водопоглощением наблюдается прямая зависимость: чем выше пористость, тем больше водопоглощение, при значении пористости 2,18 % водопоглощение достигает 0,81 %, а при значении пористости 0,07 % водопоглощение снижается до 0,03 %. В зависимости от структурных особенностей массива

прочность пород в зонах тектонических нарушений резко снижается, сцепление падает до 11–15 кг/см², а в сильнотрещиноватых зонах в 2–3 раза в сравнении с монолитными частями разреза.

Анализ геологического строения рудных районов и конкретных рудных объектов Центральных Кызылкумов с позиции инженерной геологии месторождений полезных ископаемых позволяет выделить в качестве главных следующие особенности.

1. Преимущественно двухъярусное строение рудоносных площадей с приуроченностью оруденения к нижнему, досреднепалеозойскому ярусу (фундаменту).

2. Принадлежность продуктивных отложений к относительно слабометаморфизованным, в разной степени дислоцированным осадочным и вулканогенно-осадочным образованиям, местами осложненным внедрением в них интрузии.

3. Тесная генетическая и пространственная связь месторождений с тектоническими разломами.

Перечисленные геологические особенности в основном определяются такими существенными условиями, как литологический состав продуктивных толщ, этажность строения месторождений, форма, размеры, закономерности, локализации, пространственная ориентировка рудных тел, характер и интенсивность тектонической нарушенности и трещиноватости полезных ископаемых и вмещающих пород, их физико-механические свойства, обводненность, степень устойчивости на контурах горных выработок, техногенные процессы и явления, сопровождающие разработку полезных ископаемых и т. п. Основные из этих компонентов в значительной мере определяют эффективность и безопасность разработки рудных месторождений Центральных Кызылкумов.

Региональные гидрогеологические черты Центральных Кызылкумов определяются прежде всего сочетанием двух типов основных гидрогеологических структур — мелких гидрогеологических массивов и мелких замкнутых артезианских бассейнов. Центральные Кызылкумы в гидрогеологическом отношении представляют собой систему, состоящую из 5 гидрогеологических массивов (Букантау, Тамдытау, Ауминза-Белатау-Амантайтау, Аристантау, Кульжуктау) и 11 артезианских бассейнов. В пределах этих бассейнов выделен и изучен ряд водоносных горизонтов и комплексов мезо-кайнозоя, а в пределах гидрогеологических массивов — 3 водоносных комплекса, включающих карбонатные метаморфизованные, песчано-сланцевые и интрузивные породы допалеозойского и палеозойского возраста.

1. Гидрогеологические условия Бельтауского рудного района в структурном отношении месторождения представляют собой тектонический узел сочленения разрывных нарушений трех основных направлений: северо-западного, субширотного и субмеридионального, которые определяют пространственное положение и особенности локализации рудоносных зон.

Водовмещающие породы представлены гранитами, углеродисто-кремнистыми и филлитовидными сланцами, где основным видом скважности является трещинная пустотность.

В водопроницаемых породах на площади месторождения заключен горизонт грунтово-трещинных безнапорных вод с глубиной залегания зеркала от 130 до 260 м. Абсолютные отметки уровня подземных вод колеблются от 310 до 360 м. Естественные колебания уровня не превышают 0,5 м.

Питание подземных вод осуществляется за счет притока с юго-восточной части площади, из соседней гидрогеологической структуры и инфильтрации атмосферных осадков на участках горст-антиклинальных выступов палеозойских пород.

Движение грунтовых вод происходит в северо-западном направлении с уклоном 0,01–0,04°.

Граниты обладают слабой степенью трещиноватости и отличаются слабой водообильностью. При проходке ствола шахты наблюдались отдельные высачивания по трещинам при водотоке до 4 м³/ч. Водопроницаемость этих пород составила 1 м²/сут, коэффициент уровнепроводности — 2,10 м²/сут.

Филлитовидные сланцы наименее водообильны. Дебиты поверхностных скважин при откачках составляли 0,03–0,25 л/с, нередко их невозможно было получить. Несущественными были и водопритоки в подземные выработки из данных пород.

Наиболее водоносными являются углеродисто-кремнистые сланцы. Дебиты по отдельным дренажным скважинам в зонах интенсивной трещиноватости достигали 150 м³/ч. По подземным выработкам, расположенным ниже уровня подземных вод, отмечаются капез, теги по стенкам, сосредоточенные выходы воды из трещин и карстовых пустот с расходом от десятых долей до первых десятков кубических метров в час.

Прослеживание изменения уровня воды в поверхностных скважинах при попутном возмущении за счет шахтного водоотлива позволили получить обобщенные параметры водоносного горизонта в породах палеозоя. Так, водопроницаемость оказалась равной 30 м²/сут, а коэффициент уровнепроводности $1,3 \times 10^2$ м²/сут.

Расчетные водопритоки 170 м³/ч для третьего горизонта с напором воды под кровлей 50 м и 350 м³/ч для четвертого с напором 110 м подтвердились.

Воронка депрессии, возникшая в результате шахтного водоотлива, имеет несимметричную форму: с востока она более крутая, чем на западе.

Химический состав подземных вод трещинного водоносного комплекса в массиве изучался по пробам, отобраным из горных выработок шахты. Воды в основном сульфатно-хлоридные натриево-кальциевые. Величина водородного показателя pH изменяется в пределах 2,0–8,2. Воды от сильнокислых до слабощелочных. Минерализация воды изменяется от 1,3 до 3,3 г/дм³, воды солоноватые. Общая жесткость — 11–26 мг-экв/л; воды очень жесткие. Содержание железа достигает в отдельных случаях 45 мг/дм³, в основном колеблется от 0,1 до 1,0 мг/дм³. В большей части проб железо не обнаружено.

Подземные воды кислородные с содержанием O₂ 2–12 мг/дм³ при pH — 6, в водах присутствует углекислый газ (до 300 мг/дм³).

Температура вод постоянная в течение года и составляет 23–25 °С. Одной из особенностей месторожде-

ния является широко развитая закарстованность и обилие пустот в углеродисто-кремнистых сланцах. Закарстованные участки тяготеют к местам повышенной трещиноватости и к зонам тектонических нарушений. Карст нередко имеет крупные размеры (в раздувах до 1,0–1,5 м в диаметре и значительную протяженность). В большинстве случаев они расположены согласно со слоистостью. Ниже уровня подземных вод карстовые полости не имеют заполнителя.

2. Гидрогеологические условия Ауминзатауского рудного района. Распределение водопроявлений по расходам показывает, что, как и на других месторождениях данного типа, преобладают маломощные воды проявления с расходами до 0,5 л/с, более мощные встречаются в единичных случаях, максимально наблюдаемый расход составлял 3,7 л/с. Отличительной чертой месторождения является повсеместная обводненность, обводненные интервалы составляют около 80 % общей протяженности горных выработок, на месторождениях Косманачи, Мютенбей — до 15 %, Высоковольное — 60 %.

В целом толща слабоводоносна: расходы воды при откачках желонкой не превышают 0,02 л/с, коэффициент фильтрации 0,001–0,034 м/сут, среднее значение, принятое для расчетов — 0,01 м/сут.

Величина минерализации атмосферных осадков, выпадающих на площади месторождения, составляет 0,1 г/дм³, состав гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-натриевый, pH — 7,4; жесткость — 1,1 мг/экв. Трещинные воды хлоридно-сульфатно-натриевые, в единичной пробе — сульфатно-хлоридно-натриевые с величиной минерализации 4–9 г/дм³; pH — 8–9; жесткость от 10 до 40 мг/экв.

3. Гидрогеологические условия Мурунтауского рудного района. На площади месторождения по условиям распространения, залегания, движения подземных вод выделяется единственный водоносный комплекс песчано-сланцевых образований.

Водовмещающими породами являются отложения бесапанской свиты. Подземные воды на площади Мурунтауского месторождения вскрыты в естественных условиях на глубине 32–144 м (скважины 3г, 5г), что соответствует абсолютным отметкам 370–550 м. Такая разница в глубине залегания подземных вод объясняется строением самой поверхности. В результате дренирующего действия горных выработок (шахты 4,5 м) снижение уровней произошло до 100 м и более, уровень подземных вод отмечается на глубине 47–165 м, что соответствует абсолютным отметкам 261–525 м.

Водообильность пород характеризуется данными опытных работ в скважинах. Расходы по скважинам составили 0,01–0,3 л/с, удельные дебиты — 0,0017–0,076 л/с на 1 м. Коэффициент фильтрации — от 0,005 до 0,15 м/сут. Такая водообильность пород объясняется неравномерным проявлением трещиноватости и неодинаковой ее интенсивностью.

Подземные воды песчано-сланцевых отложений солоноватые с минерализацией 3,6–6,3 г/дм³, по составу сульфатно-натриевые и хлоридно-кальциевые. Общая жесткость воды составляет 8,1–50,0 мг/экв. Они являются агрессивными по отношению к бетону. Так, содержание сульфат-иона превышает 250 мг/л.

По отношению к металлам они не проявляют коррозийного действия (рН колеблется от 6 до 7,8). По своим физическим свойствам вода прозрачная, без запаха, соленая, температура — 16–19 °С.

Амплитуда колебания уровня Центральных Кызылкумов в разрезе года невелика: не более 1 м. Максимальные уровни наблюдаются весной, минимальные — в летне-осенний период. На изменение глубины залегания подземных вод по скважинам оказывают дренарующие влияние горные выработки. Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации выпавших на площадь атмосферных осадков. Разгрузка вод происходит в виде подземного стока на месторождении Мурунтау путем шахтного водоотлива с максимальным расходом, достигающим 100 л/с.

4. Гидрогеологические условия Кокпатасского рудного района. Водообильность пород характеризуется данными опытных работ в скважинах. Расходы скважин колеблются от 3,6 до 14,0 л/с при понижениях уровня до 22 м. Удельные расходы составляют 0,03–12,0 л/с. По имеющимся данным коэффициент фильтрации колеблется от 0,002–1,92 м/сут. По химическому составу подземные воды пестрые, в основном сульфатно-хлоридные натриево-ка-

льциевые. Сухой остаток изменяется от 2,9 до 4,3 г/дм³. Общая жесткость подземных вод составляет 28,7–40,9 мг/экв.

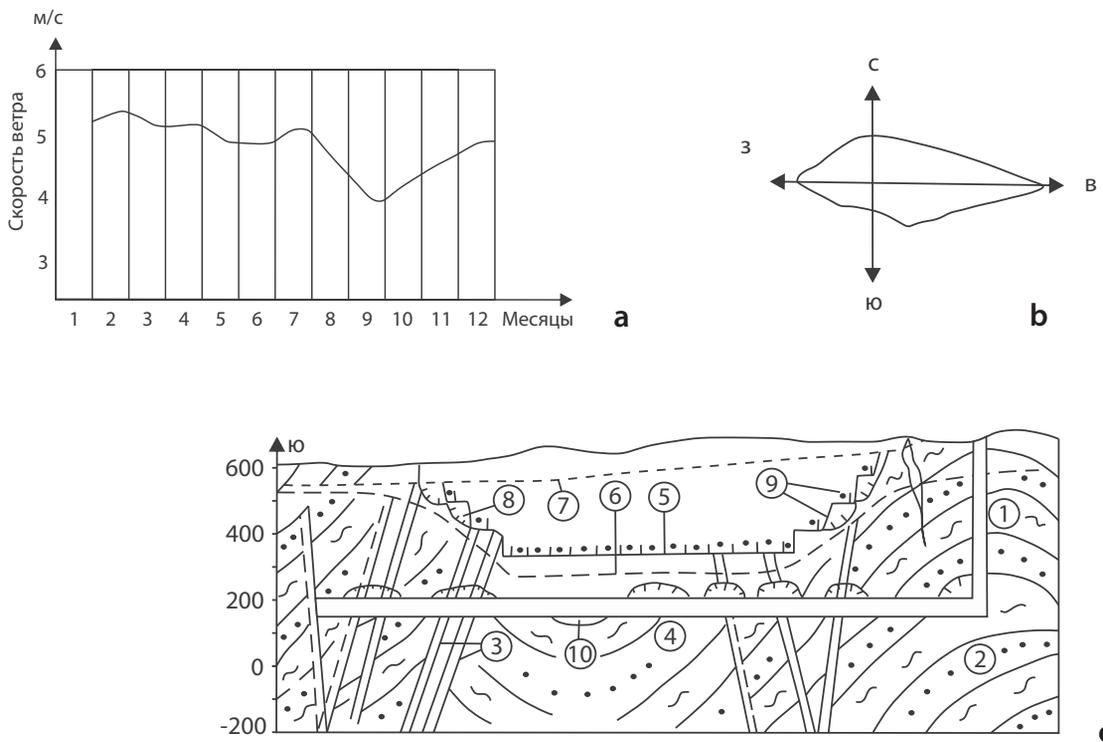
Они являются агрессивными по отношению к бетону с несulfатостойкими цементами, так как содержание в них сульфат-иона превышает 250 мг/л. По отношению к металлам они не проявляют коррозийного действия (рН изменяется 7,2–7,8).

Движение происходит с север–северо-востока на ю–юго-запад. Уклон зеркала подземных вод изменяется в пределах 0,0023–0,011.

На территории Кызылкумов гидрогеологические условия определяются физико-географическими факторами, то есть особенностями геологического строения и климатических условий.

Инженерно-геологические исследования фактического состояния карьерного поля на месторождениях Центральных Кызылкумов показали, что наиболее широко здесь распространены осыпные явления, в меньшей степени — обрушения и оползни (рисунок).

Обрушения наряду с разрывными нарушениями часто приурочиваются к контакту углисто-сланцевых сланцев, крутопадающих в сторону вырабатываемого пространства. Отличаются они объемами обрушив-



Обрушения горных пород на бортах карьеров Центральных Кызылкумов, связанные с выветриванием

a — график среднемесячной скорости ветра; **b** — среднегодовая роза ветров; **c** — геологический разрез: 1 — углисто-сланцевые сланцы, 2 — алевриты, 3 — разломы с зоной дробления более 5 м, 4 — локальные разломы, 5 — выветривание, связанное с климатом района, 6 — уровень подземных вод с дренированных бортов шахтными горизонтами, 7 — уровень подземных вод до образования карьера, 8 — обрушение, 9 — осыпи, 10 — шахтный горизонт (штрек)

Weathering-related rock falls on the Central Kyzylkum region quarries sides

a — average monthly wind speed graph; **b** — average annual wind rose; **c** — geological section: 1 — carbonaceous micaceous shales, 2 — siltstones, 3 — fractures with a crushing zone of over 5 m, 4 — local faults, 5 — weathering pertinent to the region's climate, 6 — groundwater level from the drained sides of mine horizons, 7 — groundwater level before the quarry formation, 8 — fall, 9 — scree, 10 — mine horizon (roadway)

шихся масс и характером развития. Наиболее крупные обрушения формируются на участках бортов карьера в местах разрывных нарушений сбросо-сдвигового характера, объем которых составляет 50–600 м³. Крупноглыбовые обрушения развиваются при обнажении в сводовой части разрывных нарушений и на тех участках, где уступы расположены в висячем боку разлома. Мелкообломочные обрушения незначительных объемов (100–150 м³) наблюдаются в зонах дробления разломов, особенно в углеродисто-сланцевых толщах. Интенсивность развития обрушения в сланцевых толщах обусловлена обводненностью массива и скоростью выветривания. Там, где карьерное поле сдренировано шахтными горизонтами, обрушения на бортах наблюдаются реже (рисунок, с). Сланцевая толща сильно подвергается выветриванию при резком колебании суточной температуры. Преимущественно развито физическое выветривание, определяемое пустынно-засушливым климатом района с жарким (среднемесячная температура +34,5 °С) летом и холодной зимой, где морозные дни превышают 50 дней в году (ниже –5 °С), колебанием суточной температуры поверхности почвы до 60–70 °С, воздуха 40–45°. Постоянные ветры, дующие около 300 дней в году со скоростью 3,9–6,5 м/с и преимущественно северо-западного (рисунок, а) направления, способствуют выдуванию в откосах заполнителей трещин, их раскрытию, а также образованию обрушений и осыпей на уступах.

Интенсивность осыпания зависит от литологического типа пород. Так, сланцевые толщи более подвержены выветриванию, чем алевролиты и песчаники. Во всех разновидностях пород в зонах тектонических нарушений объем осыпных масс в 1,5–2,0 раза больше, чем на других участках.

При разведке месторождений твердых полезных ископаемых изучение физико-механических свойств пород необходимо для оценки устойчивости бортов карьеров и пород, в которых проводятся подземные выработки шахт; выбора конструкции карьеров и подземных горных выработок; размещения горно-

технических сооружений; эффективных способов разрушения пород и типов горных машин; конструкции крепи и разработки мероприятий по повышению устойчивости горных выработок и др. [3].

Результаты лабораторного изучения физико-механических свойств рудоносных пород Центральных Кызылкумов показывают, что около 57 % проб имеет объемную массу 2,60–2,65 г/см³, 1–2 % — более 2,65 г/см³ и 23–24 % — менее 2,60 г/см³. Аналогичные изменения характерны для плотности этих разновидностей; около 80 % — 2,65–2,70 г/см³, 35 % — менее 2,65 г/см³ и 15 % — более 2,7 г/см³ (таблица). Филлитовидные сланцы обладают наиболее изменчивыми физическими свойствами относительно всех других разновидностей пород. Их объемная масса сравнительно низка, а плотность и пористость высокие. Влажность ($W = 0,2–0,3$ %) и пористость ($I = 0,5–0,6$ %) гранитов во всех опробованных точках почти одинаковы. Максимальные изменения этих показателей отмечаются у глиноподобных отложений, сланцев и у пород в зонах дробления, связанных с разломами [4; 5].

Отложения первой пачки бесапанской свиты (кварцевые порфиры и песчаники) характеризуются высокими прочностными показателями. Их сопротивление одноосному сжатию изменяются от 30 до 240 мПа. Из 130 испытаний на прочность гранитов, песчаников и кварцевых порфиров в 13,2 % случаев прочность установлена 30–50, в 42,1 % — 50–100, 47,7 % — более 100 мПа. Нижний (минимальный) предел прочности кварцевых порфиров и песчаников (56 мПа) выше, чем у гранитов (30,2 мПа), а верхний (181,5 мПа) намного ниже (240 мПа). Самые низкие значения прочности (до 60 мПа) характерны для сильнотрещиноватых пород в нарушенной зоне. В водонасыщенном состоянии прочность сжимается незначительно, для сильнотрещиноватых — до 20 %, слаботрещиноватых и нетрещиноватых — до 10 %. Коэффициент размягчения у сильнотрещиноватых более 0,9. В целом граниты, песчаники и кварцевые порфиры

Категория прочности пород и их процентное соотношение

Rock strength category and their percentage ratio

Категория прочности пород	Предел прочности на сжатие, мПа	Граниты	Филлитовидные сланцы	Углеродисто-кремнистые сланцы	Глиноподобные породы	Песчаники
Слабая	До 10	$\frac{2}{6}$	$\frac{34,5}{78}$	$\frac{4,8}{18}$	$\frac{80}{12}$	—
Низкопрочная	10–30	$\frac{6,3}{19}$	$\frac{45,3}{102}$	$\frac{20,9}{78}$	$\frac{20}{3}$	—
Прочная	30–50	$\frac{14}{42}$	$\frac{7,4}{16}$	$\frac{25,3}{94}$	—	$\frac{5}{1}$
Высокопрочная	50–100	$\frac{39,3}{118}$	$\frac{8,8}{20}$	$\frac{37,4}{139}$	—	$\frac{15}{3}$
Весьма прочная	Более 100	$\frac{39,3}{118}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{11,6}{43}$	—	$\frac{80}{16}$

Примечание. В числителе приведен процент попадания в каждой категории прочности, в знаменателе — количество испытаний

Note. The numerator displays the percentage of hits in each strength category, and the denominator shows the number of tests

беспапанской свиты являются прочными породами, в откосах и горных выработках они ведут себя как устойчивые [5].

Граниты в зонах разломов сильнотрещиноватые, участками раздробленные, трещины заполнены каолином, кварцем, карбонатами, пиритом; раскрытие трещины иногда достигает 1 см, поэтому прочностные показатели пород здесь невысокие. Филлитовидные углеродисто-кремнистые сланцы и глиноподобные породы тасказганской свиты являются рудными и рудовмещающими образованиями. Их прочностные показатели, кроме глиноподобных пород, изменяются в больших пределах: сопротивление сжатию — от 2 до 250, в некоторых образцах до 300 мПа; предел прочности пород при сколе — от 0,6 до 250 мПа, в некоторых образцах до 300 мПа; предел прочности пород при сколе — от 0,6 до 25 мПа, единичные результаты — 0,3–30,0 мПа и более. Среди этих разновидностей самыми изменчивыми по прочности являются филлитовидные сланцы, особенно в зонах дробления. При обнажении во влажном состоянии они растрескиваются, а при разгрузке (керновые образцы) довольно быстро расслаиваются на отдельные куски. Расслоение в первой декаде происходит интенсивно и составляет 4 куска на 1 пог. м керна, в следующей декаде — 1–2 куска. Начиная с третьей декады, наблюдается разрушение пород на мелкие куски. В неизменном, практически сухом состоянии они очень крепкие, процесс расслоения в них не наблюдается, а выветривание протекает очень медленно. Прочностные показатели глиноподобных пород намного ниже, чем для других разновидностей и значительно не изменяются. Временное сопротивление сжатию в естественном состоянии варьирует от 3,2 до 23,2 мПа. При водонасыщении их прочность снижается в 2 раза и более. Предел прочности при сколе изменяется от 1,4 до 6,9 мПа. Углеродисто-кремнистые сланцы среди других разновидностей пород тасказганской свиты по прочности занимают второе место после песчаников. При испытаниях на прочность параллельно слоистости предел прочности на сжатие получен в 1,4–1,6 раза ниже, чем перпендикулярно к насыщению. Поэтому горные выработки, проходящие параллельно слоям углеродисто-кремнистых сланцев, менее устойчивы, чем перпендикулярно к ним [6].

По значениям временного сопротивления пород сжатию выделяется пять категорий прочности (таблица). Слабопрочные породы имеют менее 10 мПа, раздробленные, сильноизмененные, перемятые, на бортах карьеров или горных выработках без крепления они разрушаются (отслаиваются). К этой группе в основном относятся глиноподобные породы и филлитовидные сланцы (80 и 34,5 %), их значения временного сопротивления одноосному сжатию составляют менее 10 мПа.

Низкопрочные породы ($b_{сж} = 10–30$ мПа) сильнотрещиноватые, измененные, мелкообломочные, структурные связи почти отсутствуют, на бортах карьеров их необходимо предварительно закрепить или выполаживать откосы, в горных выработках требуется сплошное анкерное крепление. К этой категории в основном относятся филлитовидные

сланцы, у которых 45 % образцов имеет прочность 10–30 мПа, углеродисто-кремнистые сланцы и глиноподобные породы (20 %).

Прочные породы ($b_{сж} = 30–50$ мПа) трещиноватые, большинство развитых в них трещин залечено кальцитом и другими минералами. Сравнительно низкая прочность получается не за счет трещиноватости или измененности пород, а за счет текстурных форм и структурных связей. Без соприкосновения с водой в горных выработках они устойчивы, при замачивании теряют устойчивость. Среди прочных пород преобладают углеродисто-кремнистые сланцы (около 25 % из общего числа определений), предел прочности на сжатие — 30–50 мПа.

Высокопрочные породы ($b_{сж} = 50–100$ мПа) слаботрещиноватые, крупнообломочные, в горных выработках в основном устойчивые, при неблагоприятном расположении систем зияющих трещин по отношению к горным выработкам образуются вывалы и обрушения. К этой категории отнесены граниты (40 %), углеродисто-кремнистые сланцы (40 %), другие разновидности (песчаники и филлитовидные сланцы).

Весьма прочные породы ($b_{сж} =$ более 100 мПа) массивные, практически нетрещиноватые, в горных выработках устойчивые, разработка и проведение по ним горных выработок осуществляются взрывным способом. К этой категории в основном относятся прочные песчаники (80 %) и граниты (39,3 %). Таким образом, граниты, филлитовидные и углеродисто-кремнистые сланцы имеют различную прочность. Они более или менее относятся ко всем пяти выделенным категориям прочности. Глиноподобные породы имеют слабую прочность и относятся к слабым и низкопрочным, а песчаники, наоборот, — к весьма прочным и высокопрочным категориям. Такие изменения прочности можно проследить в пределах одного горизонта, скважины или всего месторождения, т. е. независимо от площади и глубины распространения пород.

Таким образом, структурно-тектонические характеристики Центральных Кызылкумов влияют в основном на расположение разрывных нарушений относительно вскрытой поверхности бортов карьеров и степень структурно-тектонической расчлененности массива и прочностных показателей пород по трещинам и их заполнителям. Самыми неблагоприятными инженерно-геологическими условиями в отношении устойчивости месторождений являются углы наклона разрывных нарушений и падения пластов, близкие к углам заложения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инженерно-геологические исследования разведочных горных выработок месторождений, расположенных в южной гряде Тамдытау, в пределах Ауминза-Бельтауского, Ауминзатауского горных массивов позволили сделать вывод, что на всех месторождениях формируются аналогичные типы деформации. Места формирования их приурочены к разрывным нарушениям и контактам литологических разностей

пород, заполненных глиной трения. Объемы и интенсивность развития процессов на месторождениях, расположенных в южной гряде Тамдытау и Ауминза-Бельтау, значительно больше, чем Ауминзатау, так как здесь разломы обводнены.

Рудные месторождения Центральных Кызылкумов приурочены к горным массивам, структура рудных полей определяется сочетанием складчатых дислокаций с дизъюнктивными нарушениями, осложненными дополнительными пликтивными дислокациями, выражающимися в развитии пологих перегибов слоев. Среди широко развитых на рудном поле разрывных нарушений по масштабности по отношению к пликтивным структурам выделяются две крупные группы: региональные разрывные структуры, пересекающие всю площадь рудного поля и уходящие далеко за его пределы; разрывы местного характера, развитые в основном в сводовой части на крыльях регионального разлома и имеющие различные размеры и направления.

Главная черта рудовмещающей толщи — пестрота переслаивания пород, неравномерное проявление в них вторичных изменений различия физико-механических свойств, которые усложняют инженерно-геологические условия разработки месторождения.

Вскрышные толщи в основном крепкие, прочные, но наличие прослоев слабых пород, углисто-глинистых сланцев и глины трения мощностью от нескольких миллиметров до 10–15 см в сочетании с тектоническими нарушениями снижают прочность массива. Установлены закономерности изменения физико-механических свойств пород в зависимости от тектонической нарушенности, трещиноватости и по степени измененности: массивные и слаботрещиноватые породы имеют очень высокую прочность — более 100 мПа; в сильнотрещиноватых и раздробленных породах прочность уменьшается соответственно от 30 до 40 %; от 40 до 70 %; окварцованные повышают прочность до 25 %.

По величинам временного сопротивления пород на сжатие выделено пять категорий прочности: слабая ($b_{сж} = 10$ мПа); низкопрочная ($b_{сж} = 10–30$ мПа); прочная ($b_{сж} = 30–50$ мПа); высокопрочная ($b_{сж} = 50–100$ мПа) и весьма прочная ($b_{сж} = 100$ мПа).

Таким образом, на основе результатов комплексного анализа условий и факторов, вызывающих инженерно-геологические осложнения, определен комплекс структурно-тектонических, физико-механических, гидрогеологических осложнений на шахтах и карьерах региона.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Некоторые вопросы механизма развития обвальнопровальных обрушений (на примере отдельных рудных объектов месторождений Узбекистана) / А. М. Ахунжанов [и др.] // Разведка и охрана недр. 2022. № 3. С. 46–51.
2. Ахунжанов А. М., Курбанов Э. Ш., Хуррамов М. П. Роль литолого-тектонических условий в формировании инженерно-геологических процессов при отработке месторождений в Центральных Кызылкумах // Вестник НУУз. 2023. № 3/1/1. С. 212–214.
3. Особенности гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений Южно-Узбекистанского горнорудного района / Э. Ш. Курбанов [и др.] // Региональная геология и металлогения. 2023. № 96. С. 27–36. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2023_96_27-36.
4. Мирасланов М. М. Инженерная геология, гидрогеология месторождений твердых полезных ископаемых Узбекистана. Ташкент: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2011. 228 с.
5. Физико-механические свойства горных пород рудных месторождений Узбекистана / Ф. М. Арипова [и др.]. Ташкент: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2006. 223 с.
6. Мирасланов М. М., Закиров М. М. Инженерно-геологические процессы, развитые на месторождениях твердых полезных ископаемых Узбекистана: оценка и прогноз. Ташкент: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2015. 166 с.

REFERENCES

1. Some issues of the mechanism for the development of landslide collapses (on the example of individual ore facilities in Uzbekistan) / A. M. Akhunzhanov [et al.]. *Prospect and Protection of Mineral Resources*. 2022; (3): 46–51. (In Russ.).
2. Akhunzhanov A. M., Kurbanov E. Sh., Khurramov M. P. The role of lithological and tectonic conditions in the formation of geotechnical processes during the development of deposits in the Central Kyzylkum region. *News of the NUUZ*. 2023; (3/1/1): 212–214. (In Uzbek.).
3. Hydrogeological and engineering-geological conditions of deposits of the South Uzbekistan mining district / E. Sh. Kurbanov [et al.]. *Regional Geology and Metallogeny*. 2023; (96): 27–36. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2023_96_27-36. (In Russ.).
4. Miraslanov M. M. Engineering geology, hydrogeology of deposits of solid mineral deposits in Uzbekistan. Tashkent: SE "Institute GIDROINGEO"; 2011. 228 p. (In Russ.).
5. Physical and mechanical properties of rocks of ore deposits in Uzbekistan. Tashkent: SE "Institute GIDROINGEO"; 2006. 223 p. (In Russ.).
6. Miraslanov M. M., Zakirov M. M. Engineering-geological processes developed at solid mineral deposits in Uzbekistan: Assessment and forecast. Tashkent: SE "Institute GIDROINGEO"; 2015. 166 p. (In Russ.).

Элбой Шавкатович Курбанов

Доктор философии геолого-минералогических наук (PhD), заведующий лабораторией

ГУ «Институт гидрогеологии и инженерной геологии», Университет геологических наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

<https://orcid.org/0000-0003-3017-4696>
Scopus Author ID 58951834500
elboy.qurbonov@mail.ru

Elboy Sh. Kurbanov

PhD (Geology and Mineralogy), Head of Laboratory

SE "Institute of Hydrogeology and Engineering Geology", University of Geological Sciences, Tashkent, Uzbekistan

<https://orcid.org/0000-0003-3017-4696>
Scopus Author ID 58951834500
elboy.qurbonov@mail.ru

Алимжан Махмуджанович Ахунжанов

Кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник

ГУ «Институт гидрогеологии и инженерной геологии»,
Университет геологических наук Республики Узбекистан,
Ташкент, Узбекистан

<https://orcid.org/0009-0002-1254-6935>
axunjanovolimjon@gmail.com

Сарвар Рустамович Усманов

Докторант, младший научный сотрудник

ГУ «Институт гидрогеологии и инженерной геологии»,
Университет геологических наук Республики Узбекистан,
Ташкент, Узбекистан

<https://orcid.org/0009-0003-7371-4055>

Alimzhan M. Akhunzhanov

PhD (Geology and Mineralogy),
Senior Researcher

SE "Institute of Hydrogeology and Engineering Geology",
University of Geological Sciences,
Tashkent, Uzbekistan

<https://orcid.org/0009-0002-1254-6935>
axunjanovolimjon@gmail.com

Sarvar R. Usmanov

PhD candidate, Junior Researcher

SE "Institute of Hydrogeology and Engineering Geology",
University of Geological Sciences,
Tashkent, Uzbekistan

<https://orcid.org/0009-0003-7371-4055>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: *Курбанов Э. Ш.* — концепция исследования, *Ахунжанов А. М.* — развитие методологии, *Усманов С. Р.* — написание исходного текста.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interest.

Contribution of the authors: *Kurbanov E. Sh.* — research concept, *Akhunzhanov A. M.* — methodology development, *Usmanov S. R.* — writing the draft.

Статья поступила в редакцию 26.02.2024
Одобрена после рецензирования 04.09.2024
Принята к публикации 20.03.2025

Submitted 26.02.2024
Approved after reviewing 04.09.2024
Accepted for publication 20.03.2025