

Научная статья

УДК 622.834:553(575.1)
doi:10.52349/0869-7892_2026_105_75-90

Оползни, обрушения и сдвигание горных пород на месторождениях полезных ископаемых Узбекистана

Г. А. Бимурзаев, А. М. Ахунжанов, Э. Ш. Курбанов✉

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

Ключевые слова: поверхности скольжения, карьер, провальные воронки, подземная разработка, подземные воды, деформации, разлом, трещина

Для цитирования: Бимурзаев Г. А., Ахунжанов А. М., Курбанов Э. Ш. Оползни, обрушения и сдвигание горных пород на месторождениях полезных ископаемых Узбекистана // Региональная геология и металлогения. 2026. Т. 33, № 1. С. 75–90. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2026_105_75-90

Original article

UDC 622.834:553(575.1)
doi:10.52349/0869-7892_2026_105_75-90

Keywords: slip planes, quarry, collapse sink-holes, underground development, underground waters, deformations, fracture, crack



© Бимурзаев Г. А., Ахунжанов А. М., Курбанов Э. Ш., 2026

Аннотация. Рассматриваются вопросы формирования оползней, обрушений и сдвигания горных пород на примере таких месторождений, как Тегенек, Джигиристанский карьер, Алмалык, Ангрен, Кургашикан. По условиям образования выделены: оползни на склонах, вызванные открытой разработкой; оползни внутри карьеров; оползни над подземными выработками; обрушения в бортах карьеров и горных выработках. Установлены условия образования каждого типа процессов в связи с разработкой эксплуатируемых месторождений. Непрерывный рост масштабов, интенсивности и глубины отработки, а также длительная эксплуатация горных объектов обуславливают развитие оползней, обрушений и сдвигания горных пород. При освоении месторождений твердых полезных ископаемых увеличение объемов извлекаемых пород, глубины горных работ и разветвленности подземных выработок усиливает роль техногенных факторов в формировании инженерно-геологических процессов. Рост масштабов буровзрывных работ, а также изменения в технологии разработки месторождений способствуют не только интенсификации проявлений инженерно-геологических процессов, осложняющих добычу полезных ископаемых, но и провоцируют возникновение их новых форм. Это, в свою очередь, повышает уровень геотехнической напряженности среды и требует учета дополнительных факторов при проектировании и эксплуатации горнодобывающих объектов.

Landslides, falls, and rock displacement in Uzbekistan mineral deposits

G. A. Bimurzaev, A. M. Akhunzhanov, E. Sh. Kurbanov✉

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

Abstract. The paper explores formation of landslides, falls, and rock displacement on the basis of the Tegenek, Jigiristan quarry, Olmaliq, Angren, Kurgashinkan deposits. The formation conditions determined landslides on slopes during open-pit mining development, landslides inside quarries, landslides over underground mine workings, falls on the quarry sides and mine workings. The authors established formation conditions for each process type associated with the deposit development. A steady growth in the mining scales, intensity, and depth, as well as a long-time mining object operation lead to formation of landslides, falls, and rock displacement. During the solid mineral deposit development, an increase in the extracted rock volume, underground mining depth, and variety of mining workings enhances

For citation: Bimurzaev G. A., Akhunzhonov A. M., Kurbanov E. Sh. (2026). Landslides, falls, and rock displacement in Uzbekistan mineral deposits. *Regional Geology and Metallogeny*, 33(1), 75–90. https://doi.org/10.52349/0869-7892_2026_105_75-90

the role of technogenic factors in forming geotechnical processes. The increased numbers of drilling and blasting operations, as well as changes in deposit development technology result not only in intensifying geotechnical processes complicating the mineral resource production, but also triggering their new forms. The outcomes therefore raise the geotechnical intensity level of the environment and require additional factors to consider upon designing and operating mining objects.

ВВЕДЕНИЕ

В последние 40–50 лет в горно-складчатых и пустынных зонах Узбекистана разрабатывается большое количество месторождений полезных ископаемых различных типов. Отмечается непрерывный рост масштабов, интенсивности и глубины отработки. Анализ развития экзогенных процессов показал, что с 1990 г. доля техногенных оползней, обвалов и других процессов заметно увеличилась в связи с комплексным освоением территории и сооружением крупных промышленных объектов, резко изменивших геологическую среду (Курбанов и др., 2023).

Формированию оползней и обрушений на карьерах Ангрэн, Кургашикан и других открытых разработках, а также появлению сопутствующих инженерно-геологических процессов посвящены работы Р. А. Ниязова (2015), М. М. Мирасланова (2011), Х. В. Вахабова (1981)¹ и др. В настоящей работе обобщены данные о негативных последствиях антропогенного воздействия на геологическую среду за 1990–2000 гг. на территориях эксплуатируемых месторождений. Необходимость данного исследования вызвана потребностью в предварительной инженерно-геологической типизации изучаемых месторождений, которая может послужить основой при прогнозировании изменений геологической среды на стадии разведки (Мирасланов и др., 2015; Ниязов, 2009; Федоренко, 1988).

При подземном способе разработки интенсивно развиваются оползневые и другие процессы. В частности, в Ангрэнском районе на одном из склонов на протяжении 650 м ведутся подземная газификация угля и шахтная разработка, что спровоцировало оползень на площади 60 га объемом 30 млн м³ с горизонтальным перемещением до 45 м и вертикальным — от 4,5 до 15 м (Ниязов, 2015).

Комиссией по геоэкологическим наукам для экологического планирования (COGEOENVIRONMENT) были определены 27 геоиндикаторов для оценки и контроля безопасности территории. Геология и геологические процессы являются неотъемлемой частью экологии. Геоиндикаторы имеют цель объединить в едином удобном формате геологию и быстропотекающие опасные геологические процессы (далее — ОГП) с экологическими. Они обеспечивают информацию, направленную на изучение первоначального состояния и дальнейших тенденций. Геоиндикаторы сформированы как показатели меры, величины, частоты, нормы тенденций геологических процессов и явлений, происходящих на поверхности Земли и подверженных существующим экологическим изменениям за 100-летний

и меньший периоды. Геоиндикаторы позволяют оценивать катастрофические и относительно медленные события, происходящие в течение человеческой жизни. Если геоиндикаторы геологических процессов направлены на оценку безопасности территории и экологическое планирование, то цель данной работы — разработка предупредительных геоиндикаторов. Они подразделяются на две группы: геоиндикаторы предупреждения о площадной опасности, указывающие на возможность массовой активизации ОГП, и геоиндикаторы раннего предупреждения по конкретным оползневым участкам. Геоиндикатор предупреждения — предшествующее звено в системе инженерно-геологической информации, своего рода указатель, предвестник, барометр, позволяющий почувствовать тенденцию, которую еще невозможно выявить. Это довольно широкий, сложный и новый вопрос в инженерно-геологических исследованиях ОГП, требующий накопления длительных динамических показателей.

Изучение крупных оползней и обвалов началось в XIX в. с работ И. В. Мушкетова, К. И. Богдановича, И. А. Преображенского, В. П. Солоненко, Е. П. Емельяновой, Г. С. Золотарева, К. Зарубы, В. Менцла, А. Немчока и др. Однако крупные оползни и обвалы изучены пока слабо, их монографические описания единичны. Научный анализ оползней и обвалов, вызванных землетрясениями, проведен на основе крупных обобщающих работ: Д. К. Кифера (Геологическая служба США, 1983 г.; Keefer, 1984); В. С. Федоренко, Ф. Сюэ-Цай (1986 г.; Xue-Cai et al., 1986), а также серии публикаций из России, США, Китая, Японии, Италии, Чехии, Индии и других стран. Данный обзор современного состояния проблемы влияния землетрясений на образование и развитие склоновых процессов (оползней, обвалов), выполненный с учетом специфики их образования и механизма смещения, имеет целью выделить и отразить основные закономерности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При изучении и прогнозировании инженерно-геологических процессов (далее — ИГП) на месторождениях твердых полезных ископаемых, мы исходили из следующего положения: опознавательные и прогнозируемые элементы предполагаемых типов

¹ Вахабов Х. Исследование ослабленных зон на угольных месторождениях и их влияние на устойчивость бортов карьеров: на примере угольных месторождений Средней Азии : дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Ташкент, 1981. 141 с.

и видов ИГП рассматриваются в комплексе, во взаимосвязи с геологической средой, способами разработки, горнотехническими сооружениями, влияющими на состояние породного массива, и технологическими процессами. Все виды инженерно-геологических процессов являются многопараметровыми системами, а основы (корни) их формирования идентичны, то есть все типы ИГП приурочены к нарушенным, измененным, ослабленным зонам, но различаются по параметрам и местонахождению относительно горных выработок. Предельные значения оценочных параметров ИГП, развитых на бортах карьеров, отличаются от таковых для процессов, формирующихся в подземных горных выработках. Исходя из этого положения, выбираются методы, позволяющие оценить состояние породного массива и установить главные факторы, определяющие интенсивность, распространение, динамику и механизм формирования ИГП (Мирасланов и др., 2015).

Месторождения угля и цветных металлов в Узбекистане разрабатываются открытым и подземным способами. Их эксплуатация сопровождается оползнями, обрушениями и сдвижением горных пород, что значительно осложняет добычу полезных ископаемых (Ashurov, 2009; Kurbanov, 2020; Qurbonov et al., 2024). Открытые разработки вызывают образование оползней на склонах, оползней и обрушений внутри карьеров, а подземные — сдвижение горных пород, переходящее в крупные оползни, обрушения и вывалы в шахтах. Эти процессы условно разделены на следующие группы: оползни на склонах, вызванные открытой разработкой месторождений полезных ископаемых; оползни на бортах карьеров; обрушения и осыпи на бортах карьеров; оползни и сдвижение горных пород при подземных разработках; обрушения и вывалы горных пород в подземных выработках (Гайдин и др., 1983).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оползни на склонах, вызванные открытой разработкой месторождений полезных ископаемых

Наиболее широко оползни данного типа распространены на угольных карьерах Ангрен и Тегенек.

Расположение угольных карьеров Узбекистана в межгорных депрессиях, ограниченных крупными разрывными нарушениями; наличие чередующихся водоносных и водоупорных слоев осадочных пород, падающих в сторону выработанного пространства; постоянное увеличение глубины карьеров, приводящее к изменению крутизны склонов и гидрогеологических условий — все это способствует развитию оползневых процессов на склонах, значительно осложняющих добычу полезных ископаемых.

На Тегенекском каменноугольном месторождении оползень расположен в небольшом эрозионном углублении, заполненном четвертичными отложениями. Последние залегают на несогласно подстилающих их юрских песчаниках и глинах (рис. 1, а). В смещение вовлечены и два верхних уступа карьера.

Стенка срыва оползня не очень отчетливо выражена в рельефе, имеются трещины, оконтуривающие его верхнюю границу.

Подземные воды движутся по контакту покровных четвертичных отложений с юрскими глинами. При замачивании глинистые породы размягчились, что привело к образованию поверхности скольжения. Интенсивному увлажнению способствовало эрозионное углубление, являющееся естественной дренажной для подземных вод. Глубина залегания поверхности скольжения составляет: в верхней части — 30 м, средней — 40 м, нижней — 25 м. Длина — 90–100 м, ширина — 70–80 м.

В юго-восточной части месторождения над карьером образовался оползень объемом 400 тыс. м³. В смещение вовлечены лессовидные суглинки, залегающие на юрских песчано-глинистых отложениях. Оползень приурочен к небольшому эрозионному углублению, форма которого близка к круглоцилиндрической. На расстоянии около 50 м поверхность скольжения в пределах эрозионного углубления имеет наклон 4–5°, за его пределами — 25–30°; она приурочена к зоне контакта лессовидных суглинков с юрскими водоносными песчаниками.

Образованию оползня способствовала значительная крутизна склона (30–35°), при подрезке которого произошли потеря бокового упора, а также изменение направления и скорости движения подземных вод. Все это привело к формированию поверхности скольжения по кровле юрских отложений.

В нерабочем борту Ангренского угольного карьера добываются «горелые» породы. Здесь также разрабатывается борт склона.

В марте на этом карьере оползни перекрыли все вскрышные уступы. Объем сползшей массы составил 1500 тыс. м³. За стенкой срыва наблюдаются поперечные и продольные трещины, указывающие на дальнейшее развитие оползня. В оползневом процессе участвовали в основном четвертичные отложения, представленные лессовидными породами с включением обломочно-валунного материала (мощностью до 16 м), и небольшая толща (до 5 м) перемешанных пород палеогена (известняки, глины, песчаники и др.) (рис. 1, б). Данный оползень относится к блоковому типу.

В образовании данного оползня наряду с естественными факторами (климатическими, сейсмическими и морфологическими параметрами склона) существенную роль сыграло изменение крутизны склонов.

Более крупные оползни (до 20 млн м³) образуются в глинистых породах при наклоне к выработанному пространству. По мере увеличения глубины карьеров изменяются направление и уровень подземных вод (110–120 м), приводящие к возникновению плоскости скольжения.

Туркский оползень, расположенный в нерабочем борту Ангренского угольного карьера, характеризуется периодической активизацией, обусловленной увеличением глубины горных работ. В различные периоды эксплуатации карьера отмечались новые проявления подвижек, что подтверждается образованием свежих трещин вдоль основания стенки

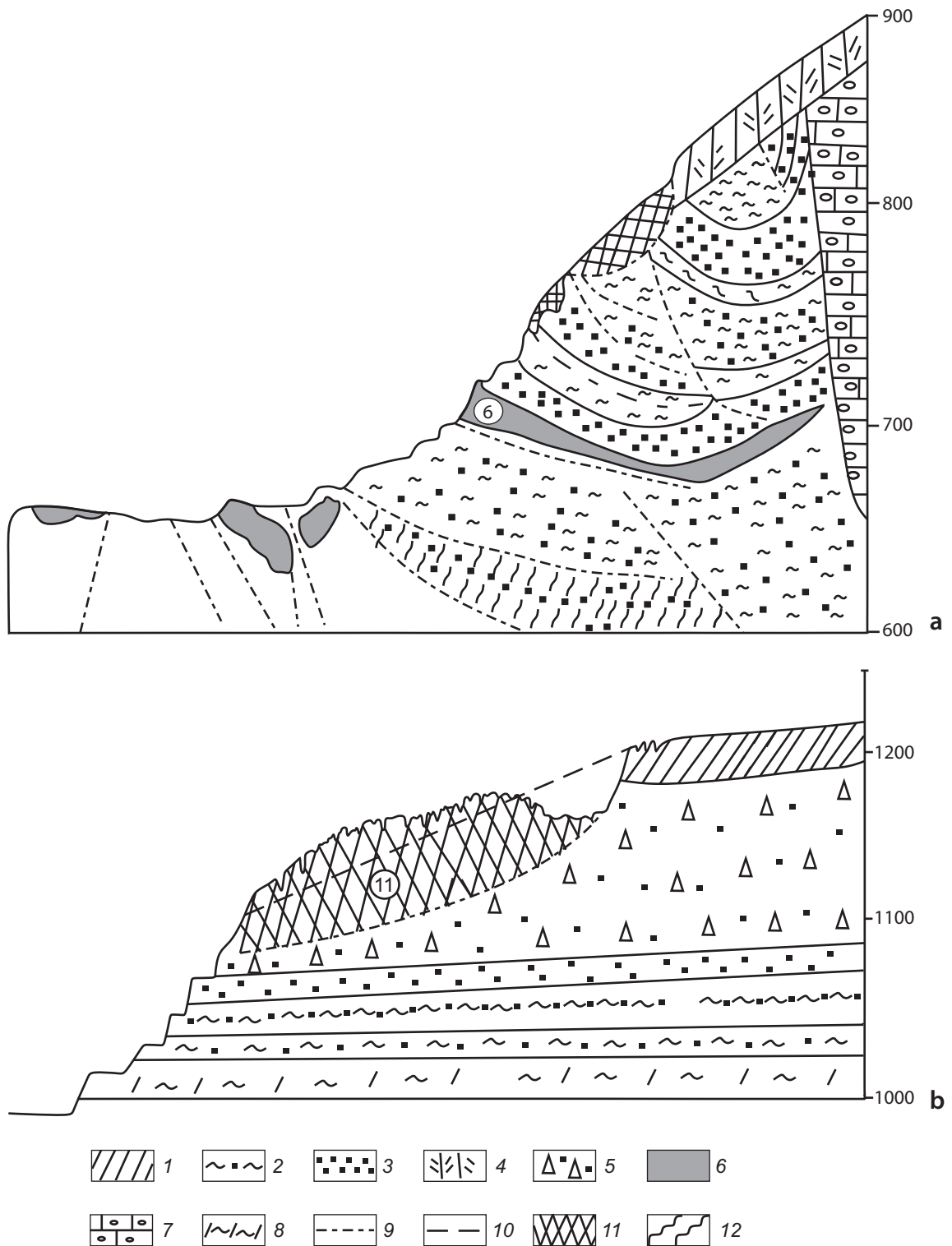


Рис. 1. Оползни на склонах, вызванные открытой разработкой

a — Тегенекский, **b** — Ангренский карьеры: 1 — суглинки, конгломераты, гравелиты (Q); 2 — песчаники и глины; 3 — надугольные и подугольные песчано-глинистые отложения (J); 4 — суглинки; 5 — гравелиты; 6 — уголь; 7 — конгломераты, известняки (C); 8 — «горелые» породы (J); 9 — плоскость скольжения; 10 — положение рельефа до отработки месторождения; 11 — оползневые отложения; 12 — уступы карьера

Fig. 1. Landslides on slopes during open-pit mining development

a — Tegenek quarry, **b** — Angren quarry: 1 — loam, conglomerate, gravelite (Q); 2 — sandstone and clay; 3 — coal-overlying and coal-underlying sand and clay deposits (J); 4 — loam; 5 — gritstone; 6 — coal; 7 — conglomerate, limestone (C); 8 — combustion rocks (J); 9 — slip plane; 10 — relief position before the deposit development; 11 — landslide deposits; 12 — quarry scarps

срыва, а также деформациями автодороги в нижней части оползня. Последние фиксируются в виде ее подъема, наблюдавшегося весной и продолжающегося в настоящее время. Инструментальные наблюдения за развитием деформаций и скоростью смещений туркского оползня проводятся оползневой службой.

Таким образом, оползни на склонах образуются непосредственно над рабочим бортом при подрезке склона, а также над нерабочими бортами при значительном увеличении глубины карьеров.

При разработке бортов карьеров оползни формируются из-за утраты бокового упора при увеличении крутизны склонов и изменения уровня подземных вод, что снижает прочность пород и вызывает образование зоны скольжения. Глубина таких оползней достигает 30–40 м, объем — 0,4–1,5 млн м³.

При углублении карьера образование оползней в основном связано с изменением гидрогеологических условий. Глубина поверхности скольжения оползня составляет 40–50 м, объем — до 20 млн м³.

Оползни на бортах карьеров

Оползни на бортах карьеров часто возникают при разработке месторождений полезных ископаемых внутри карьеров и, как правило, связаны с изменением инженерно-геологических условий. В отличие от склоновых оползней, они имеют меньший объем, но наносят значительный материальный ущерб, поскольку перекрывают существенную часть вскрышных и добычных уступов.

В Узбекистане оползни в бортах отмечены на Алмалыкском, Ангренском, Джигиристанском, Кургашиканском и Кальмакырском карьерах. Здесь оползни развиваются в меловых, юрских и палеозойских отложениях и характеризуются различными объемами и глубиной залегания поверхности скольжения. Одни оползни перекрывают значительную часть вскрышных и добычных уступов, другие развиваются в пределах одного или двух уступов¹ (Курбанов и др., 2023).

Крупные оползни часто наблюдаются в угольных карьерах при наличии чередующихся слоев глин и песчаников. В рудных карьерах встречаются в основном мелкие оползни, приуроченные к местам разрывных нарушений и зон сильной трещиноватости.

Среди меловых отложений наиболее крупные оползни наблюдаются на Алмалыкском карьере, расположенном в северном предгорье Алайского хребта. Здесь мезо-кайнозойские отложения имеют наклон в сторону карьера 25°. Наличие слабых глинистых слоев и контактов, падающих в сторону карьера, способствует возникновению оползней. Наиболее характерным является оползень объемом 750–800 тыс. м³, перекрывший значительную часть вскрышных и добычных уступов (рис. 2, а). Оползень расположен в рабочем борту карьера и примыкает к фронтальной зоне Алмалыкского надвига. По телу оползня параллельно и перпендикулярно надвигу проходят несколько мелких разрывных нарушений. В смещении участвовали неогеновые конгломераты

(в верхней части), меловые глины и песчаники. Ниже поверхности скольжения также залегают меловые отложения. Поверхность скольжения оползня приурочена к меловым глинам, залегающим между водоносными песчаниками. Глубина ее залегания в верхней части составляет 20 м, в средней — 30 м. Образование поверхности скольжения связано с увлажнением глинистого слоя мела. Обычно меловые глины плотные, карбонатизированные и характеризуются высокими значениями показателей прочности, однако они трещиноватые: по этим трещинам на откосах подземные воды выходят на поверхность. Высокопластичный глинистый слой мощностью 1,5–2,0 м образовался в результате выщелачивания глин при их замачивании.

Стенка срыва оползня находится во втором уступе (сверху); ее высота составляет 150 м, крутизна — 80°. По стенке срыва обнажены неогеновые конгломераты, меловые песчаники и глины. В нижней части стенки срыва на расстоянии 20 м обнажена поверхность скольжения крутизной 35°. Мощность глинистой смазки — 5–8 см. В верхней части стенки срыва обнажены разрывные нарушения мощностью 10–20 см, заполненные глиной трения.

Средняя часть оползня более широкая, оконтурена боковыми стенками срыва высотой 3–5 м. Имеются выходы подземных вод по контакту песчаников с глинистыми отложениями. Глины плотные, трещиноватые; в местах выхода подземных вод они увлажнены до глубины 3–5 м.

Языковая часть оползня расположена в нижних уступах, где добывается уголь. В этой части также обнажена поверхность скольжения, представляющая собой затвердевшие высокопластичные глины мощностью 5–10 см.

Более крупные оползневые процессы наблюдаются на Ангренском буроголовном карьере, где они сформированы в основном по юрским отложениям. Последние представлены сериями каолиновых глин, угленосными глинами, песчаниками и углями. В связи с эксплуатацией карьера здесь наблюдались крупные оползни, в отдельные периоды приводившие к снижению объемов добычи угля.

Значительная часть оползней формируется в северо-западной и западной частях карьера, что обусловлено направленным сюда потоком подземных вод. В северной части западного рабочего борта карьера образовался оползень объемом 8 млн м³, поверхность скольжения которого приурочена к толще верхнеюрских пестроцветных каолиновых глин, угрожающий сохранности обводного канала и железнодорожных путей.

В северной части рабочего борта образовался оползень объемом 100 тыс. м³. В смещении участвовали меловые песчаники красного и зеленого цветов, юрские пестроцветные каолиновые глины и песчаники (рис. 2, б).

Оползень приурочен к синклинали, сложенной верхнеюрскими пестроцветными глинами и песча-

¹ Арипова Ф. М., Мирасланов М. М. и др. Физико-механические свойства горных пород рудных месторождений Узбекистана: справ. Ташкент: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2006. 223 с.

никами, в бортах которых залегают нижнеюрские углистые глины. В песчаниках фиксируются выходы подземных вод. Смещение в нижний уступ обнажило поверхность скольжения.

Формирование оползня связано с изменением гидрогеологических условий: при повышении уровня подземных вод водоносные песчаники увлажнили глинистые прослои мощностью 0,5–2,0 м, по которым и возникла поверхность скольжения. Ее глубина составляет 8–10 м при наклоне 35–38°. Площадь оползня определяется геологическим строением синклинали и ограничена распространением

верхнеюрских глин, выполняющих роль естественной дренажной зоны. Размеры оползня: ширина — 107 м, длина — 20 м.

Оползни образуются в бортах карьеров при разработке месторождений, сложенных скальными породами. Обычно они приурочены к местам пересечения зон тектонических нарушений, зонам их дробления, падающим в сторону выработанного пространства, а также к зонам сильной трещиноватости массива горных пород. Наиболее характерными являются карьеры Кургашинокан и Кальмакыр, расположенные в Алмалыкском горнопромышленном районе.

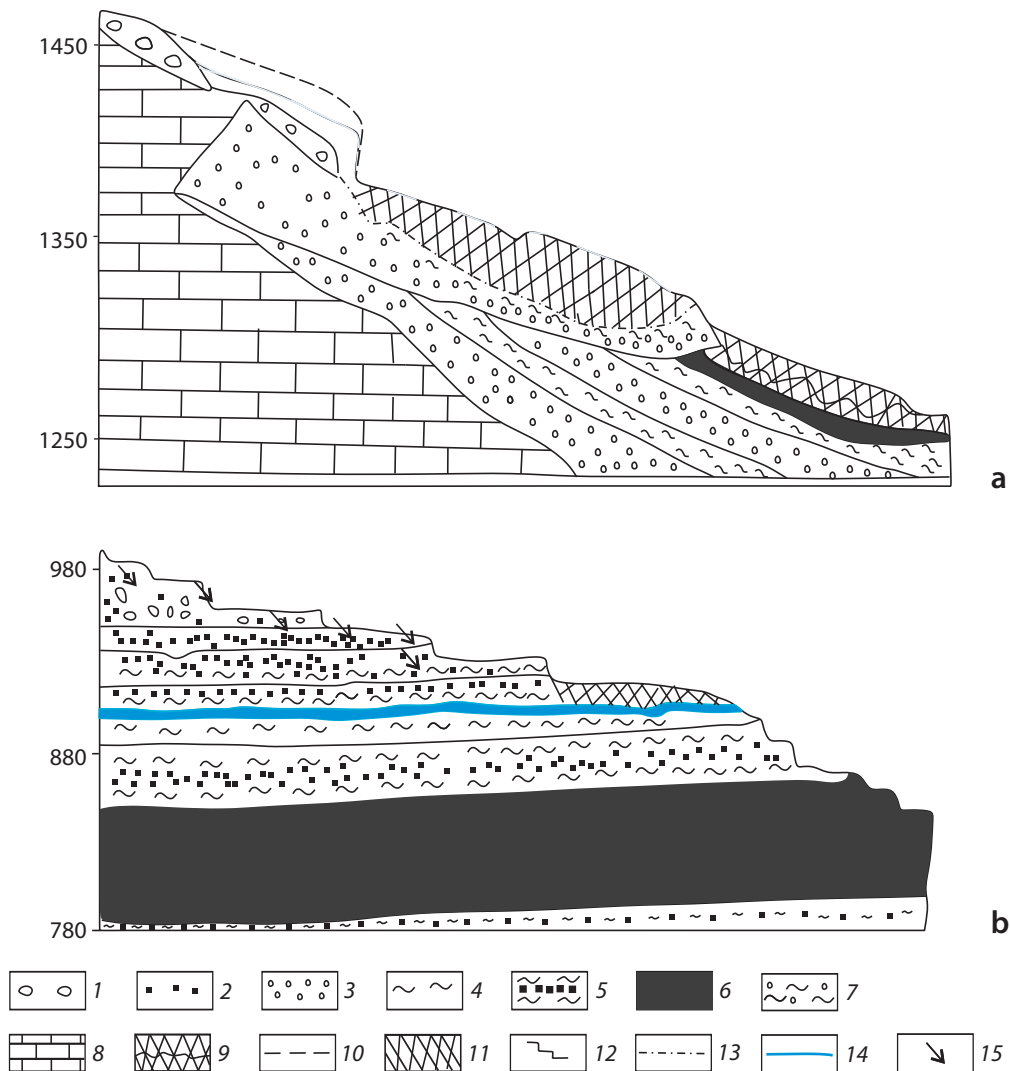


Рис. 2. Оползни на бортах карьеров Алмалык (а) и Ангрен (б)

1 — конгломераты, песчаники, алевролиты, галечники (N-Q); 2 — известняки, песчаники, глины; 3 — карбонизированные песчано-глинистые отложения; 4 — каолиновые глины и песчаники; 5 — надугольные песчаники и глины; 6 — уголь; 7 — песчаники и глины; 8 — известняки, порфириды, гранодиорит-порфириды; 9 — оползневые отложения; 10 — стенка оползня; 11 — поверхность оползня; 12 — уступы карьера; 13 — поверхность скольжения; 14 — водоупорный горизонт; 15 — направление подземных вод

Fig. 2. Landslides on the Olmaliq (a) and Angren (b) quarry sides

1 — conglomerate, sandstone, siltstone, shingle (N-Q); 2 — limestone, sandstone, clay; 3 — carbonatized sand and clay deposits; 4 — kaolinite clay and sandstone; 5 — coal-overlying sandstone and clay; 6 — coal; 7 — sandstone and clay; 8 — limestone, porphyrite, granodiorite-porphyrity; 9 — landslide deposits; 10 — landslide wall; 11 — landslide surface; 12 — quarry scarps; 13 — slip plane; 14 — aquiclude; 15 — groundwater direction

На карьере Кургашинкан в процессе разработки образовались многочисленные оползни, приуроченные к зонам дробления разрывных нарушений и зонам сильной трещиноватости. Оползни характеризуются малыми объемами и незначительной глубиной захвата (4–5 м). Наиболее характерный из них расположен в северо-восточной части борта карьера: длина его 200 м, ширина — 70 м, глубина захвата — 4–5 м (рис. 3).

Оползень приурочен к зонам дробления разрывных нарушений (оползень на бортах Кургашинканского карьера), проходящим по толще известняков

и сиенит-диоритов. Около стенки срыва под углом 45° проходит разлом. В месте его пересечения с Безымянным разломом отмечается мощная зона дробления. Параллельно основному разлому прослеживаются несколько оперяющих разрывных нарушений, формирующих боковые границы оползня. Стенка срыва приурочена к зонам дробления мелких разломов, вблизи которых породы рассечены крупными открытыми трещинами с углами падения 50–60°, ориентированными в сторону карьера. Причиной развития оползней стала большая крутизна откосов (70–80°) для раздробленных пород

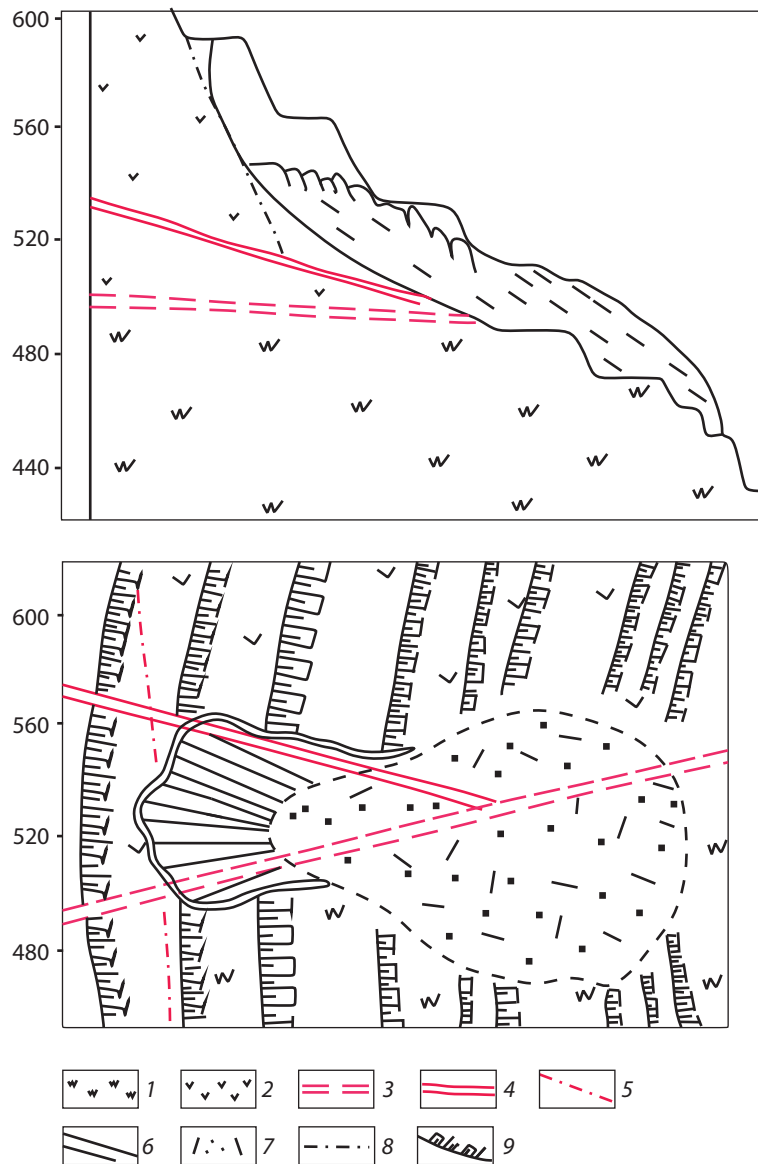


Рис. 3. Оползень на бортах Кургашинканского карьера

1 — кварцевые порфиры; 2 — сиенито-диориты; 3 — приконтактный разлом; 4 — колчеданный разлом; 5 — локальный разлом; 6 — стенка срыва; 7 — тело оползня; 8 — плоскость скольжения; 9 — уступ карьера

Fig. 3. Landslide on the Kurgashinkan quarry sides

1 — quartz porphyry; 2 — syenite-diorite; 3 — contact fault; 4 — pyrite fault; 5 — local fault; 6 — fault wall; 7 — landslide body; 8 — slip plane; 9 — quarry scarp

Сравнительная характеристика обрушений на карьерах

Comparative characteristics of quarry falls

Тип месторождения	Приуроченность	Основные факторы формирования	Характер проявления	Объемы
I. Месторождения твердых ископаемых	Зоны разрывных нарушений	Тектоническая трещиноватость, зоны дробления	Развиваются быстро, внезапные обрушения	Средние и крупные (до десятков тыс. м ³)
II. Месторождения Центральных Кызылкумов	Сланцевые толщи с переслаиванием песчаников и других пород	Литологическая неоднородность, климатический фактор (выветривание, осадки)	Менее стремительные, но частые	Разные, чаще средние (от единиц до десятков тыс. м ³)
III. Угольные месторождения	Зоны, связанные с гидрогеологическими условиями	Увлажнение пород, подземные воды	Встречаются реже, обрушения меньшего объема	Небольшие (сотни — первые тыс. м ³)

при сравнительно низких значениях показателей прочности ($\varphi = 30\text{--}35^\circ$, $C = 1,0\text{--}1,5$ МПа). Кроме того, существенную роль сыграли динамическое воздействие взрыва и подземные воды¹.

В северо-западном борту карьера на горизонтах 675–620 м отмечено образование нескольких оползней. Наиболее характерный из них имеет длину 145 м, ширину 55 м и глубину поверхности скольжения 4–5 м. Этот оползень также приурочен к зоне дробления разрывных нарушений. Верхняя его часть состоит из нескольких параллельно опущенных блоков, которые вместе со стенкой срыва контролируются разрывными нарушениями, падающими под углами 50–60° в сторону выработанного пространства.

Оползни образовались в результате вскрытия разрывных нарушений с углами падения 50–60° (Безымянный и Колчеданный разломы) в сторону выработанного пространства, а также вследствие изменения крутизны местности при увеличении глубины карьера.

На карьерном поле месторождения Кальмакыр за 20 лет отмечено два небольших оползня объемом 8–10 тыс. м³. Один из них расположен в северной части карьера на горизонте 690 м, длиной 50 м, шириной 40 м и с глубиной захвата 6 м. В смещение вовлечены слаботрещиноватые гранодиорит-порфиры. Формирование оползня было обусловлено влиянием Кальмакырского сбросо-сдвига, падающего в сторону выработанного пространства и сопровождающегося мощной зоной дробления (20–40 м).

Крупные оползни наиболее характерны для меловых и юрских отложений Алмалыкского и Ангренского угольных карьеров, где их развитие связано с изменением гидрогеологических условий, крутизной бортов и залеганием чередующихся слоев глин и песчаников, падающих в сторону карьера.

В рудных карьерах оползни, как правило, приурочены к зонам дробления, пересечения разрывных нарушений и участкам интенсивной трещиноватости, ориентированным в сторону выработанного пространства. Они характеризуются небольшими объемами и незначительной глубиной залегания поверхности скольжения.

Обрушения и осыпи на бортах карьеров

Обрушения и осыпи на бортах (откосах уступов) карьеров широко распространены при открытой разработке месторождений твердых полезных ископаемых. Их характер и объемы варьируют в зависимости от геолого-тектонических условий, параметров карьера и типа месторождения — от 0,2–0,3 до 60–70 тыс. м³. В отличие от оползней, обрушения происходят чаще, развиваются мгновенно и представляют наибольшую опасность при ведении работ на нижележащих уступах, хотя их размеры, как правило, меньше.

По условиям формирования и особенностям развития обрушения подразделяются на три типа, которые приведены в таблице.

Наиболее крупные обрушения наблюдаются на карьерах полиметаллических месторождений. В частности, на бортах Алмалыкских карьеров, сложенных карбоновыми известняками, доломитами, прорванными верхнепалеозойскими сиенито-диоритами, гранодиоритами, сиенитами (рис. 4).

Обрушения приурочены к двум региональным разломам типа сбросо-сдвиг с зоной дробления до 60 м. Образовавшийся между ними крупный тектонический блок рассечен многочисленными дизъюнктивными нарушениями. Здесь поверхность отрыва отделившихся пород от основного массива совпадает с тектоническими нарушениями и крупными трещинами, поэтому она прямолинейная, а форма ее в основном плоская.

За последние 20–25 лет изменения геологической среды при отработке Кургашиканского, Кальмакырского месторождений до глубины 250–300 м произошли в основном в тектонически нарушенных зонах. Они выразились в изменении структуры пород (расширение трещин до 4 мм, уменьшение блочности почти в 2 раза), уменьшении значений их прочности (до 12%), увеличении сдвигающих напряжений за счет разгрузки, в результате чего произошли обрушения. Например, на бортах

¹ Арипова Ф. М., Мирасланов М. М. и др. Физико-механические свойства горных пород рудных месторождений Узбекистана: справ. Ташкент: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2006. 223 с.

Кургашинканского карьера произошли крупные обрушения. Наиболее значительные из них, объемом 60–70 тыс. м³, проявились в местах, где разрывные нарушения и тектонические трещины падали в сторону выемки карьера под углами 35–55°.

Обрушения часто взаимосвязаны с другими процессами. Так, на месторождении Кургашинкан обра-

зовавшийся оползень спровоцировал обрушение. В формировании данного обрушения основную роль сыграла разгрузка нижней части уступа, вызванная оползнем, а его границы были predeterminedены разломами. Поверхность отрыва обрушившихся масс от основного массива совпала с поверхностью ослабления Безымянного разлома, падающего

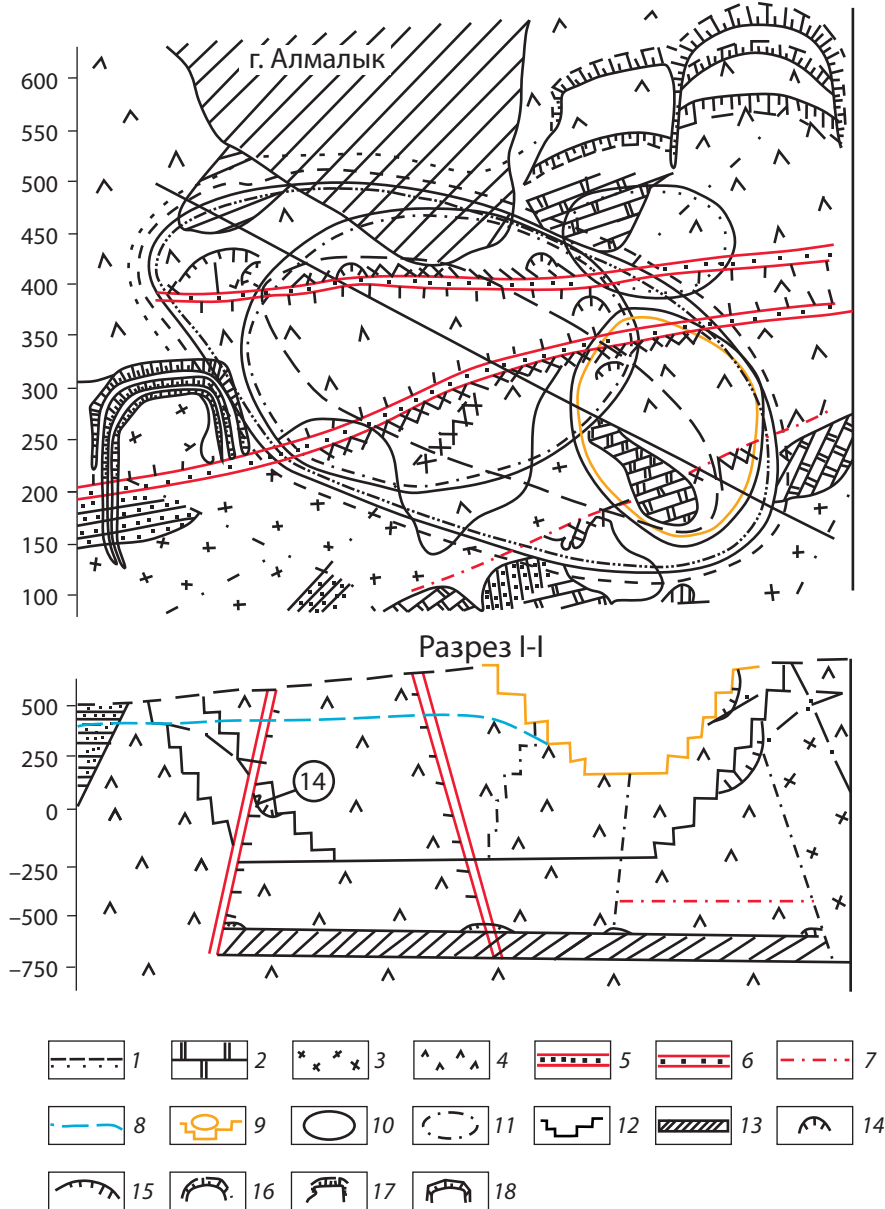


Рис. 4. Схематическая геолого-структурная карта Алмалыкского месторождения

1 — пески, песчаники, глины; 2 — известняки, доломиты, мергели; 3 — кварцевые порфиры; 4 — сиенито-диориты и диориты; 5, 6 — Карабулакский и Кальмакырский региональные разломы; 7 — локальные разломы; 8 — уровень подземных вод; 9 — границы внешнего контура действующего Кальмакырского карьера; 10 — проектируемое месторождение; 11 — объединенный контур Алмалыкского карьера; 12 — граница внутреннего контура карьера на конец отработки; 13 — горизонт подземной разработки; зона: 14 — возможного развития оползневых процессов, 15 — развития интенсивной трещиноватости пород; 16 — Накпайские отвалы; 17 — отвал пустой породы карьера Кургашинкан; 18 — Алмалыкские отвалы

Fig. 4. Schematic geological and structural map of the Olmalıq deposit

1 — sand, sandstone, clay; 2 — limestone, dolomite, marls; 3 — quartz porphyry; 4 — syenite-diorite and diorite; 5, 6 — Karabulak and Kalmakyr regional faults; 7 — local faults; 8 — groundwater level; 9 — outer outline boundaries of the operating Kalmakyr quarry; 10 — projected deposit; 11 — combined outline of the Olmalıq quarry; 12 — inner outline boundary upon completing the quarry development; 13 — underground development level; zone of: 14 — possible development of landslide processes, 15 — development of intensive rock fracturing; 16 — Nakpai dumps; 17 — barren rock dump in the Kurgashinkan quarry; 18 — Olmalıq dumps

под углами 65–70° в сторону карьера. Его боковые границы совпали с зонами дробления Колчеданного (отделившаяся левая часть от основного массива) и Приконтактного (правая часть) разломов. Уступы сложены преимущественно сиенитами, диоритами трещиноватыми; на контакте прочность весьма низкая ($C = 1,5–1,8$ МПа). Обрушения захвачены два уступа, их ширина составляет 25–30 м, протяженность — 30–35 м, глубина захвата — в среднем 4,5 м.

Обрушения и осыпи на бортах карьеров обусловлены тектоническими и литологическими особенностями. Ключевую роль в формировании обрушений играют разрывные нарушения. Так, в одном из случаев основным фактором стал Кальмакырский сбросо-сдвиг с углами падения 70–75° в сторону выработанного пространства. Линия стенки отрыва совпала с тектоническим разломом, а боковые границы прошли по крупным трещинам. Размеры обрушения достигали 45×35 м при глубине захвата 4–5 м, объем — около 10 тыс. м³.

Обрушения также характерны для месторождений Кальмакыр и Сарычеку, где они приурочены к зонам разломов и трещиноватости. Наиболее типичны блочные обрушения уступов, возникающие в местах пересечения разломов; их объем сравнительно невелик и составляет 3–8 тыс. м³.

На Алмалыкских месторождениях повсеместно распространены осыпные явления. Массы рыхлого материала обычно скапливаются у подножия уступов, формируясь в зонах дробления разломов и интенсивной трещиноватости. Например, на нерабочем борту Кургашиканского карьера за 5 лет высота осыпного материала достигла 12–15 м (1/2–2/3 высоты уступа) при угле естественного откоса 35–50°.

В Центральных Кызылкумах инженерно-геологические исследования фактического состояния карьерного поля на месторождениях показали, что наиболее широко здесь распространены осыпные явления, в меньшей степени — обрушения. Они приурочены к зонам контакта углисто-сланцевых сланцев, круто падающих в сторону выработанного пространства. Объемы обрушений колеблются от 50 до 600 м³ (сбросо-сдвиговые нарушения) до 100–150 м³ (зоны дробления). Сланцевые толщи отличаются высокой интенсивностью выветривания, особенно при обводнении. Физическое выветривание усиливается в условиях резко континентального климата: летом температура достигает +34,5 °С, зимой более 50 дней со среднесуточной температурой ниже –5 °С; суточные колебания составляют 40–70 °С. Постоянные ветры (до 300 дней в году, скорость 3,9–6,5 м/с) способствуют выдуванию заполнителя из трещин и активизации обрушений и осыпей. Интенсивность обрушений и осыпей зависит от пород. Сланцевые толщи более подвержены выветриванию по сравнению с алевролитами и песчаниками. В зонах тектонических нарушений объем осыпных масс в 1,5–2 раза выше, чем на остальных участках.

На угольном месторождении (Ангренский карьер) обрушения развиты слабо и приурочены к вскрышным уступам в прочных породах — галечниках,

конгломератах, песчаниках и алевролитах. Алевролиты выполняют роль местных водоупоров. На верхних горизонтах устойчивость откосов сохраняется даже при наличии подземных вод; при их залегании выше уровня подземных вод деформации не наблюдаются, а при нахождении в нижней и средней частях склонов происходит увлажнение галечников, что вызывает обрушения и образование вертикальных стенок срыва. Алевролиты на контакте с галечниками из-за наличия подземных вод характеризуются более высокими величинами естественной влажности (35–40%) от поверхности контакта 5–15 см и низкими прочностными параметрами ($\varphi = 12–16^\circ$, $C = 0,2–0,6$ МПа). Ниже наблюдаются плотные алевролиты красного цвета ($\varphi = 25–30^\circ$, $C = 1,5–3,0$ МПа). В пределах 5–10 см от поверхности контакта с галечниками формируется зона ослабления, по которой развиваются обрушения. Аналогичные поверхности ослабления наблюдаются в местах выхода подземных вод и в других разновидностях пород, где также возникают обрушения.

Таким образом, на карьерных полях рудных месторождений обрушения наиболее интенсивно развиваются в зонах распространения раздробленных и сильнотрещиноватых пород, особенно в приузловых участках, где пересекаются несколько разломов, падающих в сторону выработанного пространства.

На угольных месторождениях в процессе обрушения участвуют подземные воды в слабых прослойках пород. Здесь объемы обрушившихся пород в десятки раз меньше, чем в рудных карьерах. Обрушения развиваются в наиболее крепких породах. Контакты между галечниками и алевролитами четкие, без переходных зон. Следует отметить, что обрушения откосов в верхних уступах происходят только при наличии грунтовых вод.

Оползни и сдвигание горных пород при подземных разработках

При подземной разработке месторождений полезных ископаемых в Узбекистане наряду с оползнями широко фиксируются провальные воронки и мульды сдвига, формирующиеся в условиях активного проявления горно-геологических процессов.

На многих месторождениях в горных районах вскрытие пород осуществляется штольнями и шахтными стволами. Некоторые из них отработываются более 30 лет, протяженность отдельных штолен достигает 4,5 км. При шахтном способе, применяемом на Кызылмасайском, Ингичкинском и ряде месторождений в Кызылкумах, глубина отработки достигает 800 м и более. Применение различных систем отработки обусловлено горно-геологическими условиями эксплуатации месторождений. При крутом залегании рудных зон отработка ведется системой с магазинированием руды в блоках, а при пологом (от 25 до 40°) — сплошными открытыми камерами с оставлением целиков.

В зоне деформации прочностные свойства в 4–5 раз ниже, чем в зоне обрушения, что связано с влиянием интенсивной трещиноватости, спровоци-

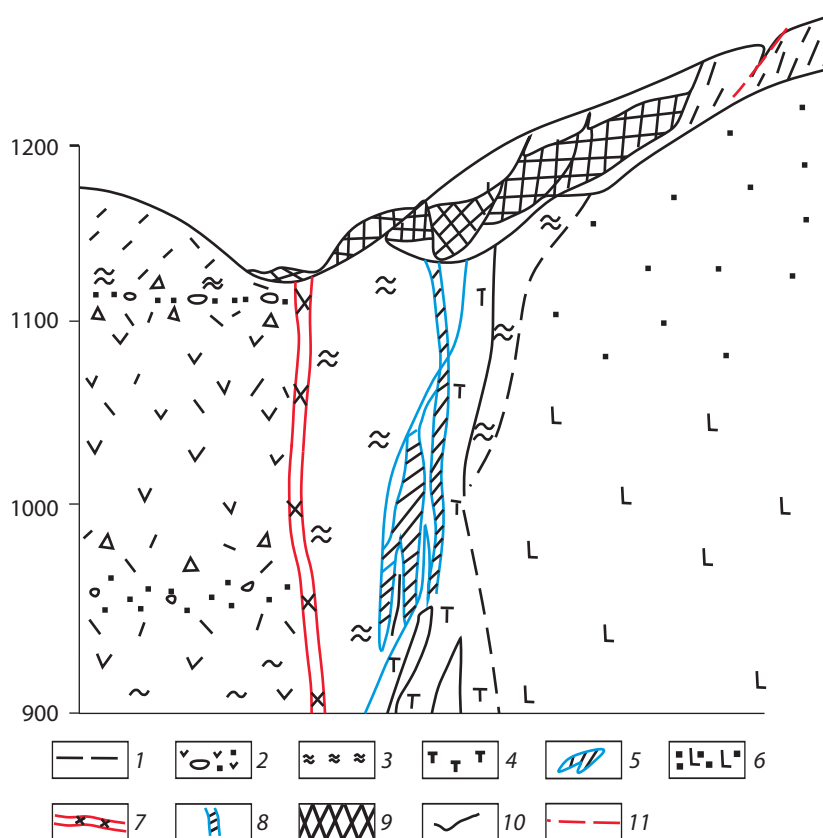


Рис. 5. Профиль провальной воронки, образовавшейся в результате подземной разработки и перешедшей в оползневой процесс

1 — лессовая толща; 2 — кварцевые диориты; 3 — фельзиты; 4 — дайки; 5 — рудные тела; 6 — трубы кварцевых порфиров; 7 — Чибаргатинский разлом; 8 — провальная воронка; 9 — оползневая масса; 10 — поверхность склона до оползня; 11 — оползневая трещина

Fig. 5. Profile of a collapse sinkhole formed after underground development and transformed into a landslide process

1 — loess unit; 2 — quartz diorite; 3 — felsite; 4 — dykes; 5 — ore bodies; 6 — quartz porphyry tubes; 7 — Chibargatin fault; 8 — collapse sinkhole; 9 — landslide mass; 10 — slope surface before the landslide; 11 — landslide crack

рованной проседанием толщи пород над выработанным пространством. В зоне интенсивной трещиноватости резко возрастает коэффициент трещинной пустотности и, соответственно, снижается прочность пород. Образование мульды сдвига и ее последующее расширение привели к потере бокового упора и началу образования на площади 8 км² атчинского оползня¹ (Курбанов и др., 2023).

В результате горизонтального смещения оползня за 3–4 года на 6,5 м уровни подземных вод в мел-палеогене поднялись выше зоны выгазовывания. Поток подземных вод направлен с юго-востока на северо-запад с уклоном 0,06–0,17°; частично воды дренируются зоной выгазовывания (до 10 л/с). В течение года подъема уровня не наблюдалось. Юрский водоносный комплекс представлен углями и песчаниками мощностью 13–40 м. Водосодержащие породы весьма слабопроницаемы: проводимость составляет 0,1–0,15 м²/сут, коэффициент фильтрации — 0,005–0,2 м/сут. Поток направлен в основном с юго-востока на северо-запад. В восточной части оползня основное направление потока наблюдается с юга на север, что является следствием частичного его дренажа горными выработками

шахты; приток по данному горизонту составляет 8 л/с, уклон потока — 0,008.

Перечисленные факторы, а также смещение атчинского оползня в северо-западном направлении (на 6,5 м) ослабили его восточную границу, что вызвало повторную активизацию расположенного здесь старого загасанского оползня, сформировавшегося ранее над шахтой. Наблюдения показывают, что в настоящее время они развиваются как единый загасан-атчинский оползень с общим направлением и скоростью смещения. В свою очередь, оползень, переместившийся за 7,5 лет на расстояние до 14,3 м, продолжает формировать валы выпирания в русле реки высотой до 5,8 м.

Попеременный подъем и опускание реперов, различные изменения наклона векторов в нижней зоне оползня свидетельствуют о связи выхода поверхности скольжения с флексурной складкой, расположенной вдоль русла р. Ангрэн. Кроме того,

¹ Арипова Ф. М., Мирасланов М. М. и др. Физико-механические свойства горных пород рудных месторождений Узбекистана: справ. Ташкент: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2006. 223 с.

оползневые процессы формируются вследствие развития провальных воронок в лессовых породах, перекрывающих шахтные поля. Характерным примером являются оползни в долине р. Чаулисай, возникшие при подземной разработке месторождения Агата–Чибаргата. В связи с их развитием работы на месторождении были временно приостановлены, а впоследствии возобновлены.

Отработка месторождения ведется блочной системой: вскрыша осуществляется из стволов шахт с проведением горизонтальных и вертикальных выработок. На верхних горизонтах в результате обрушения кровли на поверхности склона сформировалось девять провальных воронок. Данные воронки диаметром 2–4 м и глубиной 7–8 м образовались только в лессовых породах и имели вертикальные стенки.

В последующие годы в весенний период в воронках скапливался поверхностный сток со склона (они расположены в его нижней части), что способствовало развитию суффозионных и эрозионных процессов, которые привели к увеличению диаметра воронок и обрушению их бортов. Так, в данном

районе в водообильный период только за три месяца (март–май) выпало 781 мм атмосферных осадков и было зафиксировано около 150 мелких поверхностных смещений. В результате на четвертый год, к марту, глубина погружения дна провальной воронки (рис. 5) увеличилась: до 28–30, 5–15, 6–17 м и т. д. В стенках воронок постоянно происходят обрушения объемом 50–60 м³, сопровождающиеся расширением диаметра и образованием трещин растяжения выше по склону. В 1969–1970 гг. на склоне крутизной 30–35° в лессовых породах в 120–160 м выше провальных воронок сформировалась серия дугообразных трещин протяженностью 300–320 м, охватывающих участок длиной 650–700 м. Весной 1972 г. оседание по отдельным воронкам достигало 0,3–0,5 м/сут при диаметре до 40–45 м; часть воронок объединилась, образовав деформационные зоны шириной до 110 м. Их активизация продолжалась и осенью, что было связано с ведением горных работ.

Расширение провальных воронок обусловило формирование оползневых процессов объемом 15–25 тыс. м³ с заполнением воронок лессовыми

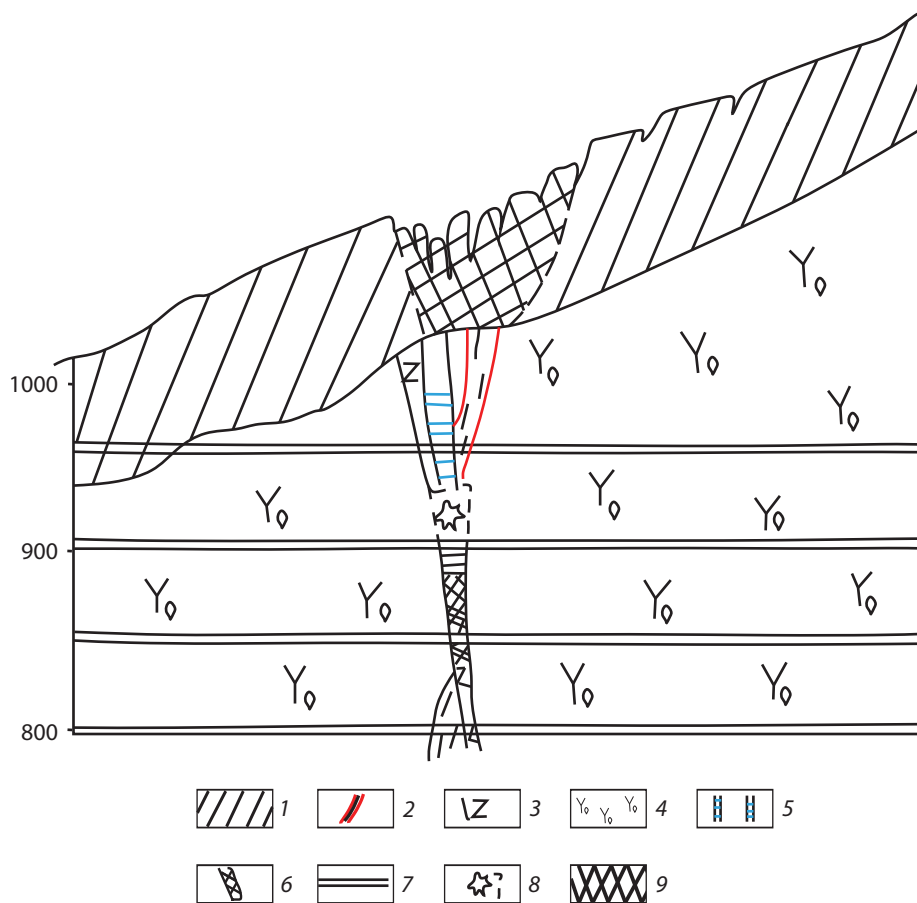


Рис. 6. Профиль мулды сдвижения при подземной разработке

1 — лессы; 2 — тектоническая рудоносная структура; 3 — дайки диабазовых порфиров; 4 — андезитовые порфиры; 5 — зона интенсивного окварцевания; 6 — очистное пространство рудой; 7 — подземные горные выработки; 8 — контур участка взрыва; 9 — провальная воронка

Fig. 6. Displacement trough profile during underground development

1 — loess; 2 — ore-bearing tectonic structure; 3 — diabase porphyry dykes; 4 — andesite porphyrite; 5 — intensive silicification zone; 6 — ore-drawing stoping zone; 7 — underground mine workings; 8 — blast area outline; 9 — collapse sinkhole

породами (рис. 5). Движение оползневых масс отличается от природных тем, что смещения происходят не одновременно и быстро, а последовательно, с длительными интервалами между фазами активности.

Общая продолжительность развития процесса составила 16 лет и продолжается в настоящее время, так как выше по склону сохраняется серия трещин в лессах мощностью до 20–25 м. Смещения начинаются от боковых границ и развиваются к центру, в результате чего оползневые цирки приобретают форму, резко расширяющуюся книзу.

Таким образом, подземные горные работы вызывают развитие на поверхности склона в лессовых породах провальных воронок, которые в дальнейшем провоцируют оползневые явления над горными выработками.

Другие деформации в лессовых породах на аналогичных крутых склонах происходят при подземной отработке камерно-столбовой системой с оставлением целиков без закладки выработанного пространства. На одном из рудников движение пород и образование мульды сдвижения (рис. 6) произошли в результате взрыва на глубине порядка 100 м в палеозойских гранит-порфировых породах. Мощность данных пород в этом месте составляет 60 м, выше залегает 40-метровая толща лессовых пород.

Ширина зоны сдвижения на поверхности склона достигала 140 м при протяженности 80–90 м. Оседание по трещинам, огибающим зону деформаций, составило 20–25 см. Внутри основной трещины выявлена серия концентрически расположенных разломов длиной 40–80 м и амплитудой смещения 0,3–0,7 м. В центральной части зафиксирована провальная воронка диаметром около 4 м и глубиной 3,5–4,0 м. Общий объем деформированных пород составил порядка 35 тыс. м³.

Геодезические наблюдения показали, что деформации развивались вглубь массива: вертикальная амплитуда за первые 21 сутки достигла 70 см. В последующие 20 суток рост вертикальных смещений прекратился, однако продолжалось развитие трещин. Следует отметить, что трещины в лессовых породах формировались при практически сухом состоянии массива ($W = 6\text{--}8\%$, угол откоса $45\text{--}50^\circ$). Несмотря на отсутствие активных деформаций в настоящее время, сохраняется вероятность их возобновления при увеличении естественной влажности пород.

Обрушения и вывалы горных пород в подземных выработках

Обрушения и вывалы горных пород в подземных выработках связаны прежде всего с тектонической нарушенностью массива, степенью его обводненности, пространственным расположением горных выработок относительно разломов, а также с применяемыми системами отработки и взрывными работами.

Характерная особенность обрушений при подземной отработке, в отличие от деформаций пород

на открытых горных разработках (где объемы измеряются сотнями и тысячами кубометров), состоит в том, что при объемах обрушившихся масс в десятки и первые сотни кубометров возникают серьезные осложнения. Они связаны с временным прекращением горнопроходческих работ, закрытием отдельных участков (квершлагов, рассечек) и необходимостью проходки обводных выработок. Такие обрушения представляют опасность для людей и наносят материальный ущерб предприятию.

На месторождениях, сложенных вулканогенными и осадочными карбонатными породами, обрушения приурочены в основном к местам пересечения выработкой различных по мощности тектонических разломов с наличием глинки трения. Объемы их от 8–10 до 26 м³. Подобные обрушения характерны для всех выработок, и опасные участки нередко крепятся уже в процессе проходки.

Объемы обрушившихся масс во многом определяются структурными особенностями массива. В выработках, пройденных вдоль крутопадающих разрывных нарушений, обрушения кровли развиваются наиболее интенсивно и достигают значительных объемов.

На ряде месторождений Центральных Кызылкумов, сложенных переслаивающимися сланцами различного состава и песчано-сланцевыми толщами, обрушения часто связаны с наличием прослоев слабых пород, мелких складок в пределах синклинальных структур, а также с превышением допустимых параметров выработок. Особенно интенсивные обрушения наблюдаются в узлах пересечения разломов и в зонах мощного дробления, где при водонасыщении объемы обрушившихся масс максимальны (рис. 7, а).

Нередко обрушения приурочены к мелким дизъюнктивным складчатым структурам, пересеченным горными выработками. Здесь трещины имеют крутопадающий характер ($60\text{--}70^\circ$), а объемы обрушений сравнительно невелики и составляют 3,5–6,0 м³ (рис. 7, б).

Кроме обрушений, широкое развитие имеют вывалы горных пород. Их образование также связано с разрывными нарушениями, крупными трещинами, часто ориентированными параллельно выработкам. Вывалы встречаются во всех горных выработках, объемы их значительны — от первых кубометров до 12 м³. Возникают они также на контактах рудоносных и вмещающих пород. При проведении капитальных выработок (месторождение Кызыл-Алма) по простиранию с углами падения пластов более 60° по зеркалам скольжения при наличии крутых трещин иногда наблюдаются крупные вывалы (10–12 м³) пород кровли; местами фиксируется нарушение крепи.

Незначительные по объему вывалы (0,7–1,0 м³) по слоистости часто фиксируются в песчано-сланцевых толщах, особенно там, где процессы окварцевания выражены слабо. Их образование, вероятно, связано с воздействием взрывных работ. Несмотря на малый объем, массовое распространение вывалов требует регулярной очистки выработок, что осложняет эксплуатационные работы.

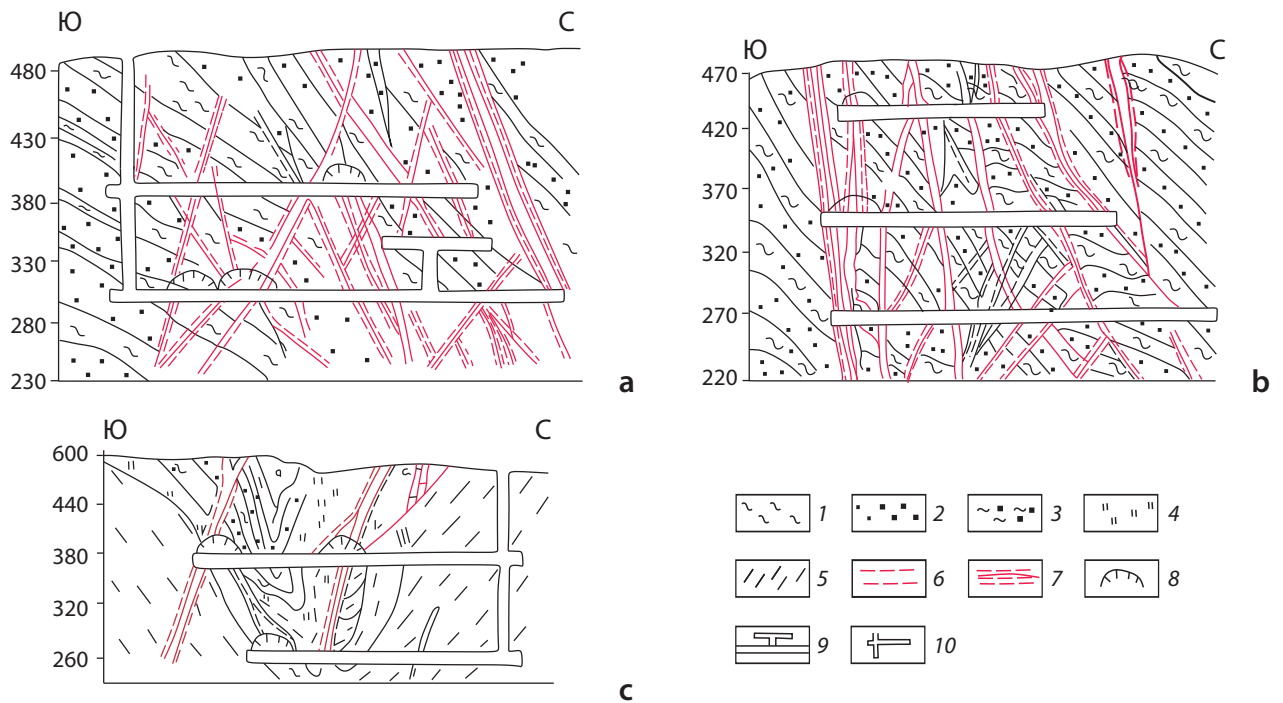


Рис. 7. Разрезы мест образований обрушений в подземных горных выработках Центральных Кызылкумов, приуроченные к: *a* — зонам дробления, *b* — синклинальным структурам, *c* — глинкам трения

1 — углисто-сланцевые филлитовидные сланцы; 2 — углисто-кварцевые алевролиты; 3 — глинистые сланцы; 4 — углеродисто-кремнистые сланцы; 5 — метабазиты; 6 — трещины с глиной трения (*a*), зоны повышенной трещиноватости (*b*); 7 — зоны дробления; 8 — обрушения; 9 — штрек; 10 — шахта

Fig. 7. Underground mine working falls in the Central Kyzylkum region, confined to *a* — crushing zones, *b* — synclinal structures, *c* — clay gouge

1 — carbonaceous micaceous phyllitic shale; 2 — carbonaceous quartz siltstone; 3 — shale; 4 — carbonaceous siliceous shale; 5 — metabasite; 6 — cracks with clay gouge (*a*), zones of increased fracturing (*b*); 7 — crushing zones; 8 — falls; 9 — roadway; 10 — mine

В тех же толщах на шахтных горизонтах наблюдаются вывалы пород по трещинам, заполненным глиной трения, либо по тонким прослоям слабых пород (рис. 7, *b*). Их объемы, как правило, невелики и составляют 3–5 м³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большинство обрушений на месторождениях приурочено к разрывным нарушениям с мощными зонами дробления, узлам пересечения крупных трещин с маломощной глиной трения, а также к контактам рудоносных и вмещающих пород, нередко водообильных. Объемы таких обрушений варьируют от нескольких кубометров до 80 м³ и более.

Вывалы пород отличаются меньшими размерами (2–12 м³), но более широким распространением. Чаще всего они связаны с крутыми тектоническими трещинами, зонами расслаивания и контактами пород в условиях повышенного увлажнения.

Все формы деформаций приводят к перебоям в горно-эксплуатационных работах и требуют дополнительных затрат на обеспечение безопасности подземных выработок.

Таким образом, анализ инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых Узбекистана показывает, что в свете постоянного увеличения количества и глубины открытых и подземных горных разработок роль техногенных факторов в образовании геологических процессов значительно возросла.

При открытых горных работах крупные оползневые смещения на склонах и в бортах карьеров, хотя и являются редкими, наносят значительный материальный ущерб. Их образование связано чаще всего с наличием тектонических нарушений, образующих клин, по которому происходят смещения, а также с крутизной склонов и бортов карьеров, гидрогеологическими условиями и др.

Обрушения горных пород широко распространены в бортах карьеров и имеют различный характер проявления и объемы. На рудных месторождениях и месторождениях строительного камня обрушения в основном приурочены к разрывным нарушениям; на золоторудных месторождениях они образуются также в толще переслаивающихся сланцев, песчаников и других пород, чаще на контактах со слабыми породами; на угольных разрезах обрушения происходят в толщах переслаивающихся алевролитов, конгломератов, галечников при наличии подземных

вод. Объемы обрушений изменяются в широких пределах — от тысячи до первых сотен тысяч кубометров — и существенно осложняют горнотехнические условия отработки месторождений.

В подземных горных выработках обрушения характеризуются незначительными объемами, однако наносят значительный ущерб, связанный с временным прекращением горнопроходческих работ, дополнительной расчисткой отдельных участков и проходкой обводных выработок, что приводит к дополнительным материальным затратам.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Гайдин А. М., Певзнер М. Е., Смирнов Б. В. Прогнозная оценка инженерно-геологических условий разработки месторождений твердых полезных ископаемых. М. : Недра, 1983. 310 с.

Курбанов Э. Ш., Ашууров О. Г., Хусанова А. Х. Анализ и оценка основных факторов, влияющих на возникновение деформационных явлений на руднике Кальмакыр // Разведка и охрана недр. 2023. № 9. С. 44–47.

Мирасланов М. М. Инженерная геология, гидрогеология месторождений твердых полезных ископаемых Узбекистана. Ташкент : ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2011. 228 с.

Мирасланов М. М., Закиров М. М. Инженерно-геологические процессы, развитие на месторождениях твердых полезных ископаемых Узбекистана: оценка и прогноз. Ташкент : ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2015. 166 с.

Ниязов Р. А. Оползни Узбекистана (тенденции развития на рубеже XXI века). Ташкент : ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2009. 207 с.

Ниязов Р. А. Оползни, вызванные Памиро-Гиндукушскими землетрясениями. Ташкент : ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2015. 224 с.

Федоренко В. С. Горные оползни и обвалы, их прогноз. М. : МГУ, 1988. 214 с.

Ashurov O. G. Assessment of hydrogeological and engineering-geological conditions of the tungsten deposit (on the example of the Sarykul deposit) // *International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences*. 2022. Vol. 12. P. 70–76.

Keefer D. K. Landslides caused by earthquakes // *GSA Bulletin*. 1984. Vol. 94, no. 4. P. 406–421. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1984\)95%3C406:LCBE%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1984)95%3C406:LCBE%3E2.0.CO;2)

Kurbanov E. Sh. Engineering and geological conditions for the stability of mine workings during development (for example, the tungsten deposit Khodjadik) // *International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences*. 2020. Vol. 10, no. 2. P. 158–163.

Qurbanov E., Zafarov O., Axunjanov A., Ashurov O. Assessment of engineering-geological conditions in the mining of deposits by the underground method // *AIP Conference Proceedings*. 2024. Vol. 3045, no. 1. P. 030094-1–030094-6.

Xue-Cai F., An-Ning G. The principal characteristics of earthquake landslides in China // *Geologia Applicata e Idrogeologia*. 1986. Vol. 21, no. 2. P. 27–45.

REFERENCES

Gaidin A. M., Pevzner M. E., Smirnov B. V. (1983). *Predictive assessment of geotechnical conditions for developing solid mineral deposits*. Moscow: Nedra, 310 p. (In Russ.).

Kurbanov E. Sh., Ashurov O. G., Khusanova A. X. (2023). Analysis and evaluation of factors influencing the occurrence of deformation phenomena at the Kalmakyr mine. *Prospect and Protection of Mineral Resources*, (9), 44–47. (In Russ.).

Miraslanov M. M. (2011). *Engineering geology, hydrogeology of deposits of solid mineral deposits in Uzbekistan*. Tashkent: SE "Institute GIDROINGEO", 228 p. (In Russ.).

Miraslanov M. M., Zakirov M. M. (2015). *Engineering-geological processes developed at solid mineral deposits in Uzbekistan: Assessment and forecast*. Tashkent: SE "Institute GIDROINGEO", 166 p. (In Russ.).

Niyazov R. A. (2009). *Landslides of Uzbekistan (development trends at the turn of the XXI century)*. Tashkent: SE "Institute GIDROINGEO", 207 p. (In Russ.).

Niyazov R. A. (2015). *Landslides caused by the Pamir — Hindu Kush earthquakes*. Tashkent: SE "Institute GIDROINGEO", 224 p. (In Russ.).

Fedorenko V. S. (1988). *Rockfalls and landslides, their forecast*. Moscow: MSU, 214 p. (In Russ.).

Ashurov O. G. (2022). Assessment of hydrogeological and engineering-geological conditions of the tungsten deposit (on the example of the Sarykul deposit). *International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences Centre*, 12, 70–76.

Keefer D. K. (1984). Landslides caused by earthquakes. *GSA Bulletin*, 94(4), 406–421. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1984\)95%3C406:LCBE%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1984)95%3C406:LCBE%3E2.0.CO;2)

Kurbanov E. Sh. (2020). Engineering and geological conditions for the stability of mine workings during development (for example, the tungsten deposit Khodjadik). *International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences*, 10(2), 158–163.

Qurbanov E., Zafarov O., Axunjanov A., Ashurov O. (2024). Assessment of engineering-geological conditions in the mining of deposits by the underground method. *AIP Conference Proceedings*, 3045(1), 030094-1–030094-6.

Xue-Cai F., An-Ning G. (1986). The principal characteristics of earthquake landslides in China. *Geologia Applicata e Idrogeologia*, 21(2), 27–45.

Гани Амиргалиевич Бимурзаев

Доктор философии геолого-минералогических наук (PhD), директор

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

<https://orcid.org/0009-0009-2336-7335>
Scopus Author ID 58480014400
Gany82@mail.ru

Gani A. Bimurzaev

PhD (Geology and Mineralogy), Director

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

<https://orcid.org/0009-0009-2336-7335>
Scopus Author ID 58480014400
Gany82@mail.ru

Алимжон 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

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

Alimzhon 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

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

Вклад авторов: *Бимурзаев Г. А.* — концепция исследования.

Ахунжанов А. М. — развитие методологии.

Курбанов Э. Ш. — развитие методологии и написание исходного текста.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: *Bimurzaev G. A.* — conceptualization.

Akhunzhanov A. M. — methodology.

Kurbanov E. Sh. — methodology and original draft.

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

Статья поступила в редакцию 19.08.2025
Одобрена после рецензирования 22.12.2025
Принята к публикации 24.03.2026

Submitted 19.08.2025
Approved after reviewing 22.12.2025
Accepted for publication 24.03.2026