

УДК 622.271.

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОТВАЛОВ НА СКЛОНЕ ПРИ ОСВОЕНИИ ВЫСОКОГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Асилова¹ З.А., Никольская² О.В.

¹Жалал-Абадский международный университет,

²Институт машиноведения, автоматике и геомеханики НАН КР

В статье рассматривается роль и значение природных и техногенных факторов на устойчивость геотехнической системы «склон–отвал». Анализируются основные геомеханические процессы, возникающие под воздействием изменений гидрогеологических условий, сейсмической активности, техногенных нагрузок и других факторов. Особое внимание уделено вопросам устойчивости склонов и отвалов, формирования деформаций и возможных потерь устойчивости и обрушений. Разработана структура моделирования геотехнической системы «склон–отвал», позволяющие оценить степень влияния различных факторов.

Ключевые слова: склон, отвал, факторы, геотехническая система, моделирование, деформации, устойчивость.

БИЙИК ТООЛУУ КЕНДЕРДИ ӨЗДӨШТҮРҮҮДӨ ЭҢКЕЙИШТЕРДЕГИ ТӨГҮНДҮЛӨРДҮН ТУРУКТУУЛУГУНУН БУЗУЛУШУНУН НЕГИЗГИ СЕБЕПТЕРИ

Асилова¹ З.А., Никольская² О.В.

¹Жалал-Абад эл аралык университети,

²КР УИАнын Машина таануу, автоматика жана геомеханика институту

Макалада табигый жана техногендик факторлордун "эңкейиш–төгүлүш" геотехникалык системасынын туруктуулугуна тийгизген ролу жана мааниси каралат. Гидрогеологиялык шарттардын өзгөрүүлөрүнүн, сейсмикалык активдүүлүктүн, техногендик жүктөмдөрдүн жана башка факторлордун таасири астында пайда болуучу негизги геомеханикалык процесстер талданат. Эңкейиштердин жана төгүндүлөрдүн туруктуулугу, деформациялардын пайда болушу жана туруктуулуктун жана кулоонун

мүмкүн болуучу жоготуулары маселелерине өзгөчө көңүл бурулду. Ар кандай себептерден улам таасири даражасын баалоого мүмкүндүк берет геотехникалык "жантаюу–лезвие" системасын моделдөө структурасы иштелип чыккан.

Баштапкы сөздөр: эңкейиш, бычак, факторлор, геотехникалык система, моделдөө, деформация, туруктуулук.

THE MAIN REASONS FOR THE DISRUPTION OF THE STABILITY OF LANDFILLS ON THE SLOPE DURING THE DEVELOPMENT OF HIGH-ALTITUDE DEPOSITS

Asilova Z.A., Nikolskaya O.V.

¹Jalal-Abad International University,

²Institute of Machine Science, Automation and Geomechanics of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic

The article examines the role and importance of natural and man-made factors on the stability of the slope-dump geotechnical system. The main geomechanical processes that occur under the influence of changes in hydrogeological conditions, seismic activity, man-made loads and other factors are analyzed. Special attention is paid to the stability of slopes and dumps, the formation of deformations and possible loss of stability and collapse. The modeling structure of the slope-dump geotechnical system has been developed to assess the degree of influence of various factors.

Keywords: slope, dump, factors, geotechnical system, modeling, deformations, stability.

Актуальность. При освоении высокогорных месторождений проблема обеспечения устойчивости геотехнической системы «склон-отвал» приобретает особую значимость. Высокогорные регионы характеризуются сложными геологическими и климатическими условиями, которые в сочетании с интенсивной техногенной нагрузкой приводят к дестабилизации склонов и отвалов. Особую опасность представляют сейсмоактивные зоны, где даже незначительные землетрясения способны спровоцировать катастрофические последствия, такие как оползни, обрушения и смещения горных масс.

Постановка задачи

В рамках исследования роли и значения природных и техногенных факторов на потерю устойчивости геотехнической системы «склон-отвал» при освоении высокогорных месторождений основными задачами являются:

- анализ природных факторов, включающий изучение влияния геологических, гидрологических и климатических условий на устойчивость системы «склон-отвал» в высокогорных регионах;

- исследование техногенных факторов, состоящей из определения степени влияния антропогенной деятельности (горные работы, строительство инфраструктуры, складирование отвалов) на устойчивость системы.

Решение данных задач, влияющих на устойчивость системы «склон-отвал» поможет разработать практические меры для обеспечения безопасности горных работ и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Методика исследований

1. Для изучения роли и значения природных и техногенных факторов на потерю устойчивости геотехнической системы «склон-отвал» в условиях высокогорных месторождений, особенно в сейсмоактивных регионах, предлагается следующая методика проведения комплексных исследований:

- изучение геологических, гидрологических и климатических характеристик региона;
- анализ сейсмической активности (исторические данные, карты сейсмического районирования);
- ретроспективный анализ информации о техногенной нагрузке (объемы горных работ, конструкция отвалов, методы складирования).

Немаловажное значение имеет и мониторинг деформаций, основанный на установке датчиков и приборов для мониторинга смещений, трещин и других деформаций (GPS-мониторинг, лазерное сканирование, инклинометры) и наблюдение за изменением состояния системы «склон-отвал» в динамике.

2. Лабораторные исследования.

Проведение экспериментов в лабораторных условиях для изучения поведения горных пород склона и отгружаемых пород под нагрузкой (испытания на сдвиг, компрессию) и обработка результатов полевых и лабораторных исследований с использованием статистических и математических методов.

3. Математическое и компьютерное моделирование состоит из создания моделей системы «склон-отвал» с учетом геологических, гидрологических и сейсмических факторов.

Использование методов конечных элементов (МКЭ) для анализа напряженно-деформированного состояния.

4. Анализ и обобщение результатов.

Выявление доминирующих факторов и критических параметров, при которых происходит нарушение устойчивости геотехнической системы «склон-отвал» с последующим выявлением ключевых факторов, оказывают наибольшее влияние на дестабилизацию, и разработку рекомендаций по обеспечению устойчивости системы (оптимизация конструкции отвалов, укрепление склонов, дренажные системы).

Комплексный подход к изучению устойчивости системы «склон-отвал» позволяет разработать практические решения для минимизации случаев потери устойчивости склонов и отвалов в условиях высокогорных и сейсмоактивных регионах.

Геологические и гидрогеологические условия. Разнообразие литологических составов и наличие подземных вод изменяют механические свойства пород, способствуя изменению напряженно-деформированного состояния. Подземные воды могут вызывать выщелачивание пород, снижая их прочность, а также увеличивать давление на породы, что способствует развитию трещин и разломов. Трещиноватость горных пород и их механические свойства напрямую зависят от их состава, а также качества и несущей способности массива, что необходимо учитывать при проектировании отвалов [1].

Сейсмичность значительно увеличивает вероятность потери устойчивости отвалов, особенно в сейсмоактивных регионах. Коэффициент устойчивости в таких районах с учетом сейсмических нагрузок уменьшается на 40-50%.

Климатические воздействия. Осадки, температурные колебания и процессы выветривания способствуют изменению прочностных характеристик пород, вызывая деформации и снижая устойчивость откосов. Сезонные колебания температуры приводят к замерзанию и оттаиванию пород отвала, увеличивая вероятность развития необратимых деформаций [1, 2]. Дополнительную угрозу представляют фильтрационные процессы в отвалах, когда вода проникает в толщу отвалов, снижая их устойчивость и способствуя сползанию массы пород.

Техногенные факторы:

Горно-технические работы. Формирование отвалов создают нагрузку на основание, приводя к дополнительным деформациям на поверхности склонов и развитию подпошвенных оползней. Работы по формированию отвала оказывают локальное механическое воздействие, способствуют развитию оседаний и обрушений [3].

Изменение рельефа и нагрузки от отвалов.

Превышение объемов отгружаемых вскрышных пород в отвал создает давление непосредственно на склон, приводит к снижению несущей способности основания [1, 4, 5, 6], вызывая развитие деформаций [4].

На основании анализа основных факторов, влияющих на развитие геомеханических процессов в отвале установлено [5]:

- Изменения уровня подземных вод, фильтрационные потоки и насыщение пород водой снижают их несущую способность и вызывают проседание грунтов. Размывание структурных элементов склонов может привести к их дестабилизации и увеличению вероятности обрушений.

- При сейсмических нагрузках снижаются удерживающие силы и возрастают сдвигающие, что приводит к нарушению равновесия отвала на склоне.

-Дополнительное давление от массивных конструкций, движения тяжелой техники и вибрационные воздействия вызывают разрушение геотехнической системы склон-отвал. Эти дополнительные нагрузки изменяют баланс равновесия, способствуя формированию нестабильных зон в теле отвала [9].

Заключение

Проведенный анализ роли и значения факторов при освоении высокогорных месторождений позволил выявить, что основными факторами влияющие на устойчивость геотехнической системы «склон-отвал» является как природные, так и техногенные факторы, и их взаимодействие.

Установлено, что существенное влияние на потерю устойчивости геотехнической системы склон-отвал оказывают геометрические параметры как склона, так и отвала, такие как угол наклона склона и высота отвала.

Выявлено, что устойчивость склонов, формирование деформаций на отвалах и потеря устойчивости являются взаимосвязанными характеристиками, требующими комплексного подхода к изучению и управлению.

Учет природных и техногенных факторов, при оценке устойчивости позволяют снизить вероятность нарушения устойчивости отвала на склоне и обеспечить безопасную эксплуатацию геотехнической система склон-отвал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Asilova, Z.A. Features of the placement of dumps during the development of upland deposits: quality management in industrial and manufacturing engineering / Z.A Asilova, O.B. Nikolskaya// Proceedings on Engineering Sciences, Vol. 06, No. 1 (2024) 139-150, doi: 10.24874/PES06.01.016
2. Ребецкий, Ю.Л. Тектонофизическое районирование активных разломов Северного Тянь-Шаня / Ю.Л.Ребецкий, С.И. Кузиков. // Геология и геофизика. 2016. – Т.57. – №6. – С.1225-1250.
3. Ильин С.А. Нагорные карьеры мира / Информационно-аналитический центр горных наук. -1993 Ч. 1. – М.: -224 с.
4. Кожогулов, К.Ч. Особенности геомеханических процессов при открытой разработке золоторудных месторождений Кыргызстана / Кожогулов К.Ч., Никольская О.В. // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. Новосибирск, 2019. - том 1. – С 135-138.
5. Борисов, А.А. Механика горных пород и массивов / А.А. Борисов. - М.: Недра, 1989. - 360 с.
6. Медведев, Р. В. Структурные неоднородности и их роль в формировании свойств горных пород / Р. В. Медведев, Э. В. Каспарян, Г. А. Ковалева. М.: ФТПРПИ, 1972. - № 2. - С. 25 – 37.

7. Ильин А.И., Управление долговременной устойчивостью откосов на карьерах / А.И. Ильин, А.М. Гальперин, В.И. Стрельцов – М.: Недра, 1985. - 248 с.
8. Козырев, А. А. Геомеханическое обоснование рациональных конструкций бортов карьеров в тектонически напряженных массивах / А. А. Козырев, В.В. Рыбин. // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. - Новосибирск: ИГД им. Н. А. Чинакала СО РАН, 2015. - С. 245–250.
9. Козырев, А. А. Геомеханические процессы в геологической среде горнотехнических систем и управление геодинамическими рисками / А. А. Козырев, С. Н. Савченко, В. И. Панин, и др. Апатиты: КНЦ РАН. - 2019. — 431 с.
10. Трофимов, В.Т. Устойчивость геологической среды и факторы ее определяющие / В.Т. Трофимов, Н.С. Герасимова, Н.С. Красилова. // Геоэкология. 1994. №2. - С.18-28.
11. Кожогулов, К.Ч. Влияние горных работ на изменение свойств геологической среды / К.Ч.Кожогулов, О.В.Никольская // Современные проблемы механики. Бишкек, – Выпуск 55(1). -2024. - С. 3-8.
12. Геомеханические процессы в геологической среде горнотехнических систем и управление геодинамическими рисками / А. А. Козырев, С. Н. Савченко, В. И. Панин, И. Э. и др. Апатиты: КНЦ РАН, 2019. - 431 с.
13. Асилова, З.А. Отличительные признаки устойчивости отвалов обеспечивающие безопасное складирование вскрышных пород на склоне / З.А. Асилова, Б.Т. Джакупбеков // Известия ВУЗов Кыргызстана. Бишкек, 2023. - № 3. - С. 12-15.
14. Асилова, З.А. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния оползнеопасного склона бассейна реки Кугарт / З.А. Асилова // Наука и новые технологии. Бишкек, 2010. - №3. – С. 28-30.