

## **ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ХВОСТОХРАНИЛИЩА И КАРЬЕРА МЕСТОРОЖДЕНИЯ «СЕКИСОВСКОЕ» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МАРКШЕЙДЕРСКО- ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И ХАРАКТЕРУ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

***Маржан Есенбековна Рахымбердина***

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Даулета Серикбаева, 070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19, доктор PhD, зав. кафедрой геодезии, землеустройства и кадастра, тел. (708)369-81-33, e-mail: marzhanrakh@mail.ru

***Маргарита Кайраковна Токтарбаева***

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Даулета Серикбаева, 070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19, магистрант, тел. (705)542-89-15, e-mail: excellent-im@mail.ru

***Даурен Куттыбаевич Касымов***

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Даулета Серикбаева, 070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19, преподаватель кафедры геодезии, землеустройства и кадастра, тел. (776)426-86-66, e-mail: daur-kas@mail.ru

В статье рассматриваются возможные деформации горнотехнических объектов горно-рудного предприятия – карьер и хвостохранилище, кратко приведены результаты маркшейдерско-геодезического контроля и данные о геологических условиях месторождения «Секисовское».

**Ключевые слова:** карьер, хвостохранилище, маркшейдерско-геодезический контроль, геологические условия, деформация.

## **STUDY OF TAILING DUMP AND OPEN PIT DEFORMATIONS OF THE «SEKISOVSKY» DEPOSIT BY RESULTS OF SURVEYING AND GEODESIC CONTROL AND BY THE PATTERN OF GEOLOGICAL CONDITIONS**

***Marzhan Ye. Rakhymberdina***

D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University, 19, Serikbayev St., Ust-Kamenogorsk, 070004, Republic of Kazakhstan, D. Sc., Head of Department of Geodesy, Land Management and Cadastre, phone: (708)369-81-33, e-mail: marzhanrakh@mail.ru

***Margarita K. Toktarbayeva***

D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University, 19, Serikbayev St., Ust-Kamenogorsk, 070004, Republic of Kazakhstan, Graduate, phone: (705)542-89-15, e-mail: excellent-im@mail.ru

***Dauren K. Kassymov***

D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University, 19, Serikbayev St., Ust-Kamenogorsk, 070004, Republic of Kazakhstan, Lecturer, Department of Geodesy, Land Management and Cadastre, phone: (776)426-86-66, e-mail: daur-kas@mail.ru

The article possible deformations of mining objects of at the mining enterprise – open pit and tailing dump are considered, the results of surveying and geodesic control and data on the geological conditions of the deposit «Sekisovsky» briefly described.

**Key words:** tailings dump, open pit, surveying and geodetic control, geological conditions, deformation.

В Послании Президента Республики Казахстан от 31 января 2017 г. большое внимание уделяется расширению минерально-сырьевой базы, активному проведению геологоразведки, а также вовлечению в эксплуатацию месторождений полезных ископаемых [1]. Поэтому вопросам исследования деформаций хвостохранилищ и прибортовых массивов карьеров месторождений по результатам маркшейдерско-геодезического контроля, а также с учетом характера геологических условий района работ уделяется пристальное внимание.

Основной целью изучения деформационных процессов и нарушений устойчивости прибортовых массивов карьера, а также хвостохранилища является определение конкретных мест проявления и точных размеров, а также установление причин их возникновения. Определение размеров деформаций, контроль за их развитием с учетом времени может производиться двумя известными методами: прямыми и косвенными. Прямые (маркшейдерские) методы используются для непосредственного измерения размеров подвижки и деформаций. Косвенные методы основаны на измерении полных физических характеристик горного массива с использованием радио-, электрометрических, ультразвуковых и других способов, которые позволяют в полной мере произвести оценку изменения напряженного состояния массива горных пород в прибортовой зоне для прогноза вероятности обрушений [2, 3].

В основном выделяют такие виды нарушения устойчивости уступов и бортов, как осыпи, обрушения, оползни, просадки, оплывины и фильтрационные деформации. Маркшейдерские инструментальные наблюдения, в комплексе с инженерно-геологическими и гидрогеологическими исследованиями, позволяют выявить характер вероятностных деформаций, что дает возможность сделать краткосрочные и долгосрочные прогнозы относительно развития во времени и пространстве и наметить специальные мероприятия для устранения причин, вызывающих развитие опасных для окружающей среды деформаций [4].

Рассматривая инженерно-геологические и горно-технические условия на участке карьера месторождения «Секисовское» и хвостового хозяйства в отношении крепости горных пород необходимо отметить, что по результатам исследовательской работы [5] по проектному контуру карьера были даны следующие рекомендации, которые соблюдаются в процессе разработки месторождения: углы наклона бортов приняты  $55\text{--}64^\circ$ , углы откосов уступов составляют  $75^\circ$ , высота уступов принята равной 20 м, ширина предохранительных берм принята с учетом механизированной очистки самих берм и составляет 6 м.

Важным моментом является то, что прочность всех типов горных пород по изучаемому месторождению характеризуется высокими средними значениями показателей прочности при одноосном растяжении и сжатии. К числу пород, характеризующихся наиболее высокими значениями прочности, относятся диориты. Анализ результатов определения прочностных показателей по ста двадцати девяти пробам шести петрографических разновидностей показал, что каких-

либо закономерных изменений этих показателей по площади и с глубиной в пределах разрабатываемого месторождения не наблюдается [6]. В табл. 1 приведены некоторые из сводных показателей физико-механических свойств горных пород месторождения «Секисовское».

Таблица 1

Показатели физико-механических свойств пород

Наименование показателей физико-механических свойств пород	Породы				
	Диориты	Плагиограниты	Кварцевые альбит-порфиры	Брекчии смешанного состава	Брекчии среднего состава
Коэффициент крепости по Протодяконову	9,0 (4,8–12,5)	5,3 (4,2–6,7)	10,2 (7,7–12,7)	8,5 (4,5–12,5)	10,0 (9,1–11,2)
Коэффициент абразивности	1,47 (0,88–2,3)	2,04 (1,65–2,33)	1,24 (0,89–1,73)	1,33 (0,93–1,90)	1,33 (1,1–1,48)
Модуль упругости $E \times 10^4$ МПа	9,0 (7,2–11,6)	7,32 (6,42–8,59)	6,91 (7,91–6,07)	7,62 (5,71–9,89)	8,74 (8,63–8,9)
Модуль сдвига $G \times 10^4$ МПа	3,6 (2,95–4,67)	3,01 (2,62–3,52)	2,93 (2,51–3,32)	3,12 (2,5–3,92)	3,43 (3,36–3,5)
Коэффициент Пуассона	0,242 (0,185–0,29)	0,218 (0,191–0,272)	0,170 (0,149–0,211)	0,221 (0,11–0,275)	0,276 (0,271–0,286)

На основе анализа деформационных свойств необходимо отметить, что горные породы месторождения «Секисовское» характеризуются очень высокими значениями показателей модуля упругости и низкими – коэффициента Пуассона. С повышением прочности горных пород наблюдается возрастание значений показателей модуля упругости и снижение коэффициента поперечной деформации. Изменение состава горных пород не приводит к существенному изменению показателей деформационных свойств [6].

В нашем случае, исходя из отмеченной хорошей устойчивости бортов в геологическом плане, можно выделить возможные нарушения в виде осыпей на участке разрабатываемого карьера, они затрагивают, как правило, приповерхностную часть крутых откосов района ведения горных работ [5].

На хорошую устойчивость прибортового массива карьера указывают и результаты маркшейдерских инструментальных наблюдений. Полученные результаты наблюдений показали, что прибортовой массив карьера обладает высокой устойчивостью, поскольку величины осадок и смещений составили величину, не превышающую 5 мм. Данное состояние прибортового массива карьера наблюдается уже достаточно долгое время, осадка и смещения изменяются от начальных значений на величину от 1 до 2 мм в сторону возрастания или убывания. Поэтому можно зафиксировать установившееся состояние прибортового массива и отсутствие подвижки бортов. С целью наилучшей организации

маркшейдерско-геодезических наблюдений за подвижками дамбы хвостохранилища также перед началом проведения работ были изучены инженерно-геологические и гидрогеологические условия основания и тела дамбы. Хвостохранилище по принципу и условиям накопления хвостов относится к наливным. Основание тела дамбы сложено суглинками в твердом состоянии. Крутизна откосов дамб назначена, исходя из условия устойчивости последних с учетом:

- а) физико-механических характеристик грунтов откосов и основания;
- б) действующих на откосы сил: собственного веса, влияния воды, внешних нагрузок на гребне и откосах;
- в) высоты плотины;
- г) производства работ по возведению и условий эксплуатации [7].

Для определения вертикальных и горизонтальных перемещений поверхностных и внутренних зон ограждающих сооружений и основания на поверхности гребней дамб первой секции хвостохранилища установлены марки в количестве 8 штук, схема расположения которых представлена на рис. 1.

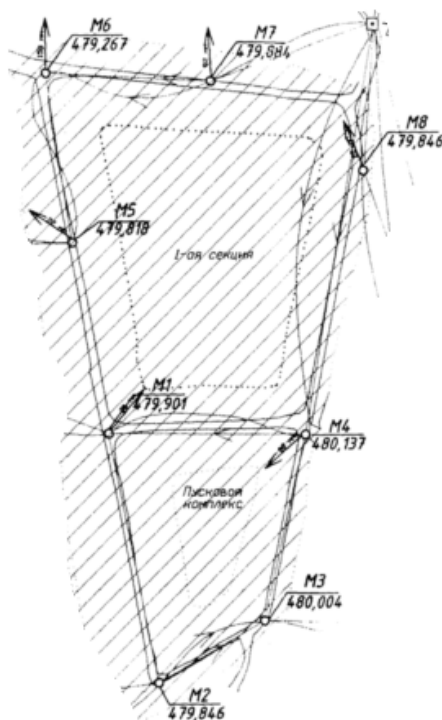


Рис. 1. Схема расположения марок первой секции хвостохранилища

Наблюдения за фильтрацией из сооружений хвостохранилища осуществляется с помощью наблюдательных скважин и пьезометрических створов. Согласно СНиП и Правилам безопасности [7, 8], проектом предусмотрена установка пьезометрических створов в количестве 10 штук. Пьезометры закладывались в створе с наблюдательными скважинами. Пьезометрический створ состоит из пьезометра, установленного на гребне дамбы и наблюдательной скважины, расположенной на расстоянии от 15 до 60 м от гребня дамбы. Для предот-

вращения попадания атмосферных осадков через устье скважины, на каждом пьезометре предусмотрено бетонирование устья скважины [9].

В результате проведенного маркшейдерско-геодезического контроля за смещением и осадками наблюдательных марок хвостового хозяйства можно сделать следующие выводы: за трехгодичный период наблюдений марки хвостохранилища были подвержены смещениям и осадкам. На начальном этапе это связано с общей усадкой дамбы. Затем марки начали двигаться не по нарастающей величине, а во взаимно обратной, что говорит о стабилизации процессов деформации. Иными словами, наблюдательные марки стали двигаться в определенных пределах. Что касается осадок, то величины их колеблются в пределах нескольких миллиметров. В табл. 2 представлены результаты наблюдений за двухнедельный период времени первой секции хвостохранилища.

Таблица 2

Результаты плановых смещений и осадок хвостохранилища

КИА	$\Delta X$ , м	$\Delta Y$ , м	$\Delta XY$ , м	$\Delta Z$ , м	$v_{\Delta X, Y}$ , мм/нед	$v_Z$ , мм/нед.
М1	0,002	0,001	0,002	0,002	1,118	1,000
М2	0,001	-0,003	0,003	0,000	1,581	0,100
М3	-0,002	-0,003	0,004	-0,002	1,803	1,250
М4	-0,003	-0,004	0,005	-0,003	2,500	1,500
М5	0,001	-0,003	0,003	-0,001	1,581	0,750
М6	0,001	0,000	0,001	-0,002	0,500	0,900
М7	-0,003	-0,004	0,005	0,002	2,500	0,900
М8	0,003	-0,002	0,004	0,002	1,803	1,100

Таким образом, отслеживание и изучение деформаций ответственных сооружений горнорудного предприятия является полным лишь в том случае, когда проводится весь комплекс работ по маркшейдерско-геодезическому контролю с учетом характера геологических условий района ведения горных работ.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рахымбердина М. Е., Сэрсембина А. Н., Тоқтарбекова Н. А. Использование данных ДЗЗ для мониторинга месторождений полезных ископаемых на территории Восточно-Казахстанской области // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 2. – С. 100–103.

2. Мочалов А. М. Прогнозирование деформаций прибортовых массивов карьеров по результатам наблюдений и моделирования откосов // Сборник Трудов ВНИМИ. – 1991. – С. 119–124.

3. Яковлев В. Н. Контроль и оценка устойчивости откосов дамб хвостохранилищ по результатам маркшейдерских наблюдений : дис. ... канд. техн. наук. – Екатеринбург, 2002.

4. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. Согласованы приказом Комитета по государственному контролю за чрезвычайными ситуациями и промышленной безопасностью Республики Казахстан от 22 сентября 2008. № 39.

5. Раздел научно-исследовательской работы «Исследования устойчивости бортов карьера для открытого способа разработки», под рук. д.т.н. профессора Низаметдинова Ф. К., КарГТУ, 2003.
6. Отчет «Изучение и прогноз инженерно-геологических условий месторождения Секисовское (научно-методическое руководство)» Министерство геологии СССР, ВСЕГИНГЕО, п. Зеленый Московская область, 1984.
7. СНиП 2.06.05-84. Плотины из грунтовых материалов.
8. Правила безопасности при эксплуатации хвостовых и шламовых хозяйств горнорудных и нерудных предприятий, Алматы, 1998.
9. Проект ТерраСу «Хвостохранилище золотоизвлекательной фабрики Секисовского золоторудного месторождения», том 1, пояснительная записка, 2007.

© М. Е. Рахымбердина, М. К. Токтарбаева, Д. К. Касымов, 2019