

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕОЛОГИИ, ГОРНОГО ДЕЛА И ОСВОЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

имени академика У.А. Асаналиева

Кафедра «Геодезия и маркшейдерское дело»

# ОТЧЕТ

## о посещении рудника Кумтор

### Дамба хвостохранилища ЗИФ рудника Кумтор

Ст. преподаватель кафедры  
«Геодезия и маркшейдерское дело»

Дуйшонбек кызы Гулжамал

19 - 24 сентября 2021года

## *Содержание отчета*

- 1. Общее сведение о месторождении Кумтор*
- 2. Состав и краткая характеристика сооружений хвостового хозяйства*
- 3. Пульпопровод*
- 4. Технологический процесс по отсыпке упорной призмы и дамбы*
- 5. Уплотнение*
- 6. Очистные сооружения промышленных стоков (ОСПС).*
- 7. Мониторинг*

## Общее сведение о месторождении Кумтор

Нам как специалистам горным инженерам маркшейдерам всегда было интересно процесс работы самого крупного золоторудного месторождения в Кыргызстане - рудника Кумтор. Нами в первую очередь двигало основные производственные этапы добычи и переработки руды и конечно же процесс выполнения маркшейдерами предприятия основных маркшейдерских обязанностей, так как некоторые преподаватели нашей кафедры не имели возможность до этого посетить месторождение. Поэтому, благодаря нашему заведующему кафедрой Чунуеву Ишимбай Карыбаевичу мы посетили самое большое и впечатляющее место Кумтор.



Убедились в том что в компании производство осуществляется с учетом международного опыта и с соблюдением экологической и промышленной безопасности, применяются новейшие технологии в том числе и маркшейдерско-геодезические приборы таких как лазерные сканеры, электронные тахеометры, приборы для мониторинга карьера последних выпусков известных иностранных фирм.

Поездка выдался насыщенным. Первый же день пребывания на руднике нас ознакомили с техникой безопасности. На второй день мы вместе с главным инженером карьера Жумалиевым Н. посетили перевалочную базу «1 май» на отметке 3800 м. где увидели взрывные работы на Центральном карьере рабочих участков Капбек 20и27. Далее мы увидели Юго-Западный карьер, карьер Сары-Тор



## Состав и краткая характеристика сооружений хвостового хозяйства

На третий день пребывания на месторождении старший инженер гидротехник Турдукеев Мелис Мурзабекович ознакомил нас с хвостовым хозяйством, которая состоит из дамбы хвостохранилища, собственно хвостохранилища, системы гидротранспорта хвостов, восточного распределительного пульпопровода, системы сбора фильтрата, аварийных прудов-накопителей, отводных каналов поверхностных вод, расположенных вокруг дамбы и хвостохранилища, а также очистных сооружений промышленных стоков (ОСПС). Бассейн хвостохранилища находится в низине долины р. Арабель. Было изменено направление естественного русла р. Арабель, что позволило построить ограждающую грунтовую дамбу и создать бассейн хвостохранилища, для накопления отходов обогащения золота, поступающих с золотоизвлекающей фабрики (ЗИФ).

Хвосты-это жидкие и твердые материалы которые остаются после процесса золотоизвлечения от фабрики и по 6700 метровому пульпопроводу попадает в хвостовое хозяйство, которая имеет перепад от высотной отметки 4016,9 м вниз до высотной отметки восточного конца дамбы хвостохранилища 3674,0 м. Дно и бока дамбы устланы пленкой которая предотвращает любую утечку вредных веществ из бассейна. Дамба хвостохранилища длиной 3190 м и высотой 46,0 м, сооружена из аллювиального материала. Дамба трапециидального сечения, с минимальной шириной по гребню 10 м и заложением откосов 3: 1.

## Пульпопровод

Хвосты размещаются в хвостохранилище посредством 15ти сливных станций пульповыпуска, расположенных по всей длине гребня дамбы. Это метод для обеспечения равномерного намыва пляжа. Для обеспечения замороженности размещаемого на пляже материала, станции пульповыпуска регулярно переключаются.

Пульпопроводы, представляют собой трубу, изготовленную из полиэтилена высокой плотности (ПВП), диаметром 450 мм и толщиной стенок от 25 до 50 мм. По пульпопроводу транспортируется, от 900 м<sup>3</sup> до 1200 м<sup>3</sup> хвостов/час. Имеются четыре станции гашения избыточного давления на участке между фабрикой и распределительным пульпопроводом.



Гребень дамбы имеет протяженность 3 км высотой 37 м. На гребне дамбы, на краю, со стороны пляжа хвостов устраивается волнообразная насыпь с уплотнением из галечникового грунта. Распределительный пульпопровод укладывается на данную насыпь. Для предотвращения от замерзания остатков пульпы в трубе, при остановке подачи пульпы, переключении с одной станции сброса пульпы на другой необходимо опорожнять трубопровод. Система опорожнения принята самотечно-безнапорная:

- станции пульповыпусков устанавливаются на высотной отметке 3677,5 м (гребень дамбы);
- волнообразная насыпь под пульпопровод между станциями имеет уклон  $i \leq 0,01$ : от середины участка между станциями в сторону станций.

## Технологический процесс по отсыпке упорной призмы и дамбы

Строительство дамбы ведется согласно разработанному проекту и технических спецификаций. Процесс представлен следующими операциями:

- произвести лабораторный анализ гранулометрического состава и влажности разрабатываемого грунта в карьере «Лысый». Грунт для отсыпки тела дамбы и упорной призмы разрабатывается в карьере «Лысый», который расположен на расстоянии около 6 км от объекта строительства;
- транспортировка и отсыпка грунта имеющимися механизмами;
- разравнивание и уплотнение;
- контрольные лабораторные работы (определение влажности и плотности уложенного в тело дамбы грунта);
- подготовка основания для отсыпки последующего слоя (рыхление и т.д.).

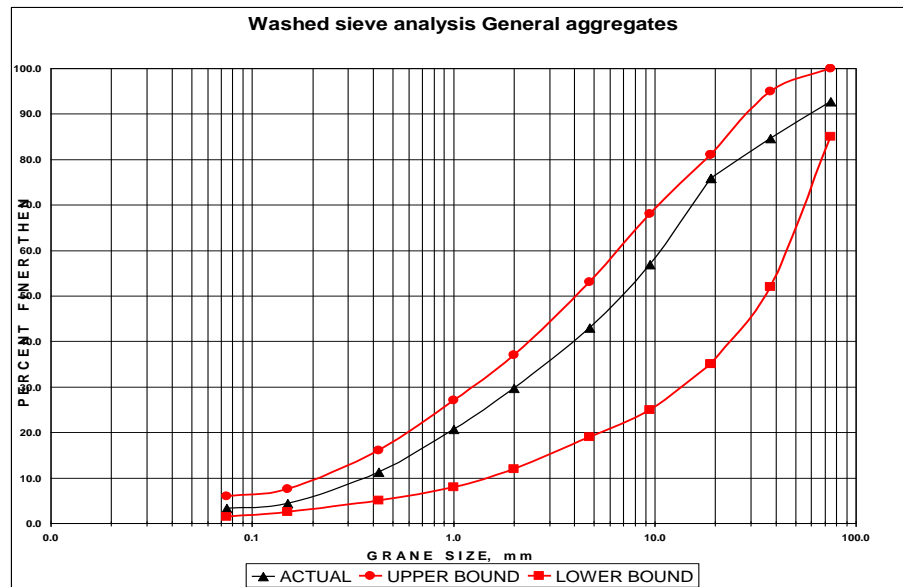


Рис. 1. График зернового состава грунтов, укладываемых в тело дамбы.

Допустимая область зернового состава грунтов тела дамбы также приведена на рис.1. Для применяемого грунта оптимальная влажность составляет 7-11% .

Нельзя допускать засыпку смерзшимся грунтом или грунтом, содержащим большое количество льда или снега.

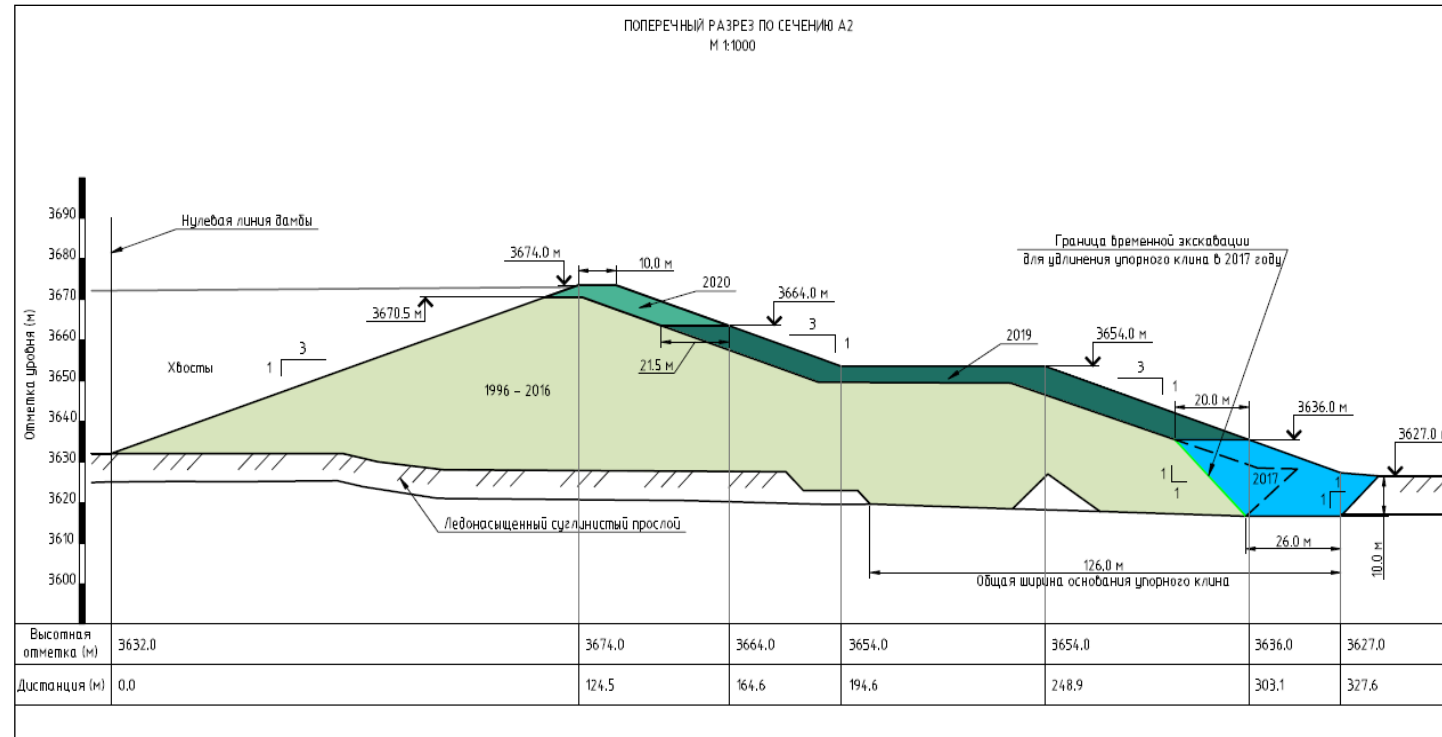
При строительстве дамбы в её тело допускается укладывать комья твердого грунта в количестве, не превышающем 15%, а льда и снега – не более 3-5 % от объема грунта.

## Уплотнение

Отсыпку грунта необходимо производить слоями, не превышающими толщину 30 см в рыхлом состоянии. Каждый отсыпанный слой грунта должен быть уплотнен гладко-барабанным виброкатком, эксплуатационной массой не менее 10 тонн, за 6-8 проходов по одному следу (уточнить опытным путем). Подготовленная поверхность отсыпанного и разровненного слоя должна сразу уплотняться. При уплотнении грунта рекомендуется следующая скорость движения катка: первый и два последних прохода производятся на малой скорости (1,5–2,0 км/час), а все промежуточные - на большой скорости (3,5–4,0 км/час). Для лучшего уплотнения грунтов автотранспортом его движение организуется таким образом, чтобы груженные автосамосвалы большую часть пути проходили по неуплотненным картам.







Существующая отметка гребня дамбы хвостохранилища на момент разработки данного проекта равна 3674,0 м.

В 2022 году гребень дамбы наращивается на высоту 3,5 м, до высотной отметки 3677,5 м.

Гребень наращивается на участке длиной около 3320,0 м. Верховой откос дамбы в процессе отсыпки грунта выполаживается до заложения  $m=1:3$ , отсыпка гребня производится послойно, толщина слоя 30 см, грунт уплотняется, расчетная плотность  $\gamma_{ск}=2.1 \text{ г/см}^3$ .

Все лабораторные испытания проводятся в строгом соответствии с ГОСТами организацией ОсОО «ДОРТЕСТ» на гран состав, влажность, коэффициент уплотнения в лаборатории инженерного отдела.

У КГК имеется радиометрический прибор «Трокслер» для определения плотности и влажности уложенного грунта в полевых условиях. Контрольные замеры для определения плотности уложенного грунта ( $\gamma_{ск}$ ) с помощью радиометрического прибора «Трокслер» проводить по схеме: две точки по ширине не более 25 м через каждые 50 м по длине каждого слоя укладки грунта. При ширине более 25 метров - 3 точки. Допускаются значения плотности сухого грунта ниже проектных в отдельных замерах, но не более, чем на  $0,06 \text{ т/м}^3$  в 10% определений



## Укрепление и наращивание дамбы хвостохранилища

Насыпная дамба хвостохранилища возводится поэтапно в соответствии с развитием рудника. Высота дамбы была наращена с течением времени для того, чтобы создать достаточный объём для хранения отходов.

После завершения работ, предусмотренных в «Проекте укрепления дамбы хвостохранилища ЗИФ рудника Кумтор на 2009-2010 гг.», укрепление дамбы хвостохранилища непрерывно велись и в последующие годы. В 2011-2012гг тело дамбы была наращена до отметки 3661,0 м, 2013-2014гг до отметки 3667,0 м, 2015-2016гг до 3670,5 м, 2017-2020гг до отметки 3674,0м.

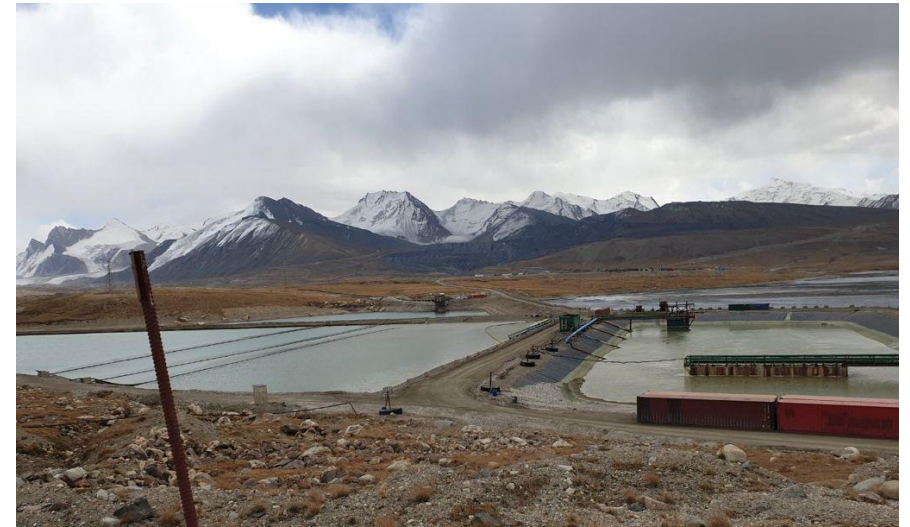
В 2020 году НПЛУГО подготовило проект «Наращивание дамбы хвостохранилища ЗИФ рудника Кумтор до высотной отметки 3677,5» Для реализации намеченных мероприятий по обеспечению устойчивости дамбы при отметке гребня 3677,5 м разработана последовательность ведения строительных работ, начиная с 2021 года и заканчивая 2022 годом.

Реализация проекта по наращиванию дамбы хвостохранилища обеспечит необходимый объём для складирования хвостов производства ЗИФ рудника Кумтор до конца 2027 г. Выполнение работ по наращиванию дамбы, а также технологический процесс складирования хвостов будет производиться в соответствии с экологическими, экономическими, материально-техническими требованиями и выполнением условий безопасности. При наращивании гребня дамбы хвостохранилища с высотной отметки 3674,0 м до высотной отметки 3677,5 м будет создан дополнительный объём для размещения хвостов до 17 млн. м<sup>3</sup>. Соблюдение графика выполнения работ по периодическому наращиванию дамбы хвостохранилища и упорной призмы приведут к повышению общей устойчивости дамбы.

## Очистные сооружения промышленных стоков (ОСПС).

На хвостохранилище находится 69млн м<sup>3</sup> пульпы из них 5млн м<sup>3</sup> вода. В месяц удается очистить до 1млн м<sup>3</sup> жидких отходов и сбросить в реку чистую воду. А твердая часть пульпы скапливается ближе к основанию дамбы которая оснащено датчиками, информация с которого считывается постоянно.

Также система хвостохранилище включает в себя очистные сооружения, где жидкие отходы золотоизвлечения содержат остатки химических реагентов и проходят 4 степени очистки. На пути очистки добавляются реагенты для разложения цианида. Очищенную воду тщательно проверяют в лаборатории, проводят анализ проб очищенных стоков на наличие вредных примесей. Очистные сооружения работают только с мая до октября, только в теплое время года. Поздней осенью и зимой хвостохранилище замерзает и все работы по очистке производства приостанавливаются.



## Мониторинг

Работоспособность дамбы проводится на основании показаний контрольно-измерительной аппаратуры, установленной по сечениям. Для обеспечения непрерывного контроля дамбы хвостохранилища в режиме реального времени, применяется автоматическая система мониторинга Leica (24/7).



Основными факторами, которые определяют нестабильность рабочих реперов наблюдательной станции, являются изменение нагрузок на тело дамбы, колебание температуры грунтов и вариации уровня воды в теле дамбы.

Для обеспечения устойчивости рабочих реперов, расположенных в зоне действия переменных нагрузок необходимо, чтобы глубина заложения их была ниже границы сжимаемой толщи грунтов. Проведение наблюдений осуществляется на основе анализа точности GPS – определения горизонтальных смещений с учетом конкретных условий рельефа.

## **ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ПЛИТЫ ОСАЖДЕНИЯ**

- Наблюдения ведется со всех имеющихся 27 плит осадений. Вертикальных просадок основания дамбы не наблюдаются. Данные изменяются в пределах погрешности при проведении съемок.

## **ПРИЗМЫ ОТРАЖАТЕЛИ**

- Для контроля за возможным горизонтальным и вертикальным смещением поверхности низового откоса дамбы, установлены 54 точек призм отражателей. С марта 2020 года наблюдение производится с автоматической системы Leica с дистанционным управлением. Это стала частью системы раннего предупреждения и обеспечивает более высокий уровень безопасности. По результатам наблюдений – горизонтальных и вертикальных смещений поверхности низового откоса дамбы не наблюдается.
- Для контроля за возможным смещением на откосе ограждающей дамбы пруда №3 на ОСПС, были установлены 7 точек призм отражателей, по результатам наблюдений – смещений, в наблюдаемых 7 точках не наблюдается.

## **ПУЛЬПОПРОВОД**

- Вдоль линии пульпопровода между обогатительной фабрикой и дамбой хвостохранилища имеется пять мониторинговых точек для определения возможных смещений. По результатам наблюдений смещений нет, имеющиеся во всех точках незначительные смещения, связаны с колебанием температуры воздуха и под воздействием внешних сил. Вышеназванные точки монтированы на неуплотненном грунте в берме безопасности.
- На пульпопроводе по результатам и рекомендациям дефектоскопистов выполняется проворачивание и замена участков пульпопровода.

## **МОНИТОРИНГ УРОВНЯ ВОДЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА**

- На 30 августа уровень воды в пруду хвостохранилища составляет 3666,90 м, что на 5,60 м ниже допустимого уровня 3672,5 м.

Ежедневный, в течение всего года мониторинг объектов хвостового хозяйства, в том числе дамбы хвостохранилища проводится для обеспечения его эксплуатации согласно проектным данным. Результаты мониторинга объектов хвостового хозяйства фиксируются в специальных базах данных. Для осуществления программы регулярного мониторинга дамбы хвостохранилища имеются:

- инклинометры – контроль за горизонтальным смещением
- плиты осаджений – контроль за осадкой основания дамбы
- пьезометры – контроль за уровнем кривой депрессии
- термисторы – контроль за температурным режимом тела дамбы и ее основания;
- призмы отражатели – контроль за гор-м и верт-м смещением поверхности дамбы.

На ежедневной основе проводится визуальный осмотр объектов хвостового хозяйства с занесением записей в специальном журнале.

Состояние дамбы оценивается по данным за смещениями, температурным режимом, положением кривой депрессии и поверхностных марок.



# ДАННЫЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЗА АВГУСТ 2021 ГОДА

## ТЕРМИСТОРЫ

• Для наблюдения за температурным режимом тела дамбы, имеются 41 термисторов. Результаты измерений по термисторам за этот месяц обобщены в таблице №1.

- Данные наблюдений термисторов показывают, что датчики, расположенные глубоко в теле дамбы и в ее основании, имеют температуру пределах (+4,2 – -4,6 °C).
- Для наблюдения за температурным режимом восточной части дамбы хвостохранилища, установлены 8 термисторов (таблица №2), температура восточной части дамбы хвостохранилища в пределах (+4,3 – -9,7 °C).

Наименование термисторов	Глубина от поверхности земли (дамбы), м.	13-июля		13-августа		Примечание
		максимум	минимум	максимум	минимум	
ТН95-1	31,0–37,0	+2,7	+0,1	+2,7	+0,1	
	40,0 – 55,0	+3,5	-0,7	+4,2	+0,1	
ТН98-1	21,8–27,8	-0,1	-0,2	-0,4	-0,7	
	29,8 – 41,8	-0,1	-0,4	-0,2	-0,5	
ТН98-2	18,9–28,9	+0,3	0,0	+0,2	-0,1	
	30,9 –40,9	+0,2	+0,2	+0,1	-0,1	
ТН98-3	21,8–27,8	+0,3	0,0	+0,2	-0,1	
	29,8 – 41,8	+0,8	+0,2	+0,3	+0,1	
ТН99-1	19,5–29,5	+0,8	+0,3	+1,2	+0,3	
	31,5 – 41,5	+1,1	+0,5	+0,7	+0,2	
ТН99-3	23,0–31,0	+0,7	0,0	-0,1	-0,2	
	33,0 – 45,0	+0,6	-4,6	-0,1	-5,0	
ТН99-4	19,5–29,5	+0,3	0,0	+0,2	+0,1	
	31,5 – 41,5	+0,8	-3,9	0,0	-4,6	
ТН99-5	22,5–32,5	+0,2	-0,1	+0,1	-0,1	
	34,5 –44,5	+0,1	+0,1	0,0	-	
ТН 00-1	20,5–28,0	+0,3	-1,1	+0,1	-1,4	
	30,5 – 45,5	+0,4	+0,3	+0,3	0,0	
ТН 00-2	20,5–30,5	+0,5	0,0	+0,1	-0,2	
	33,0 – 45,5	+0,4	0,0	-0,1	-0,3	
ТН 00-3	18,5–28,5	+0,4	+0,1	+0,3	+0,1	
	31,0 – 43,5	+0,2	+0,1	+0,1	-0,4	
ТН 00-4	15,5–23,5	0,0	-0,1	0,0	-0,2	
	25,5 – 37,5	+0,5	+0,1	+0,2	-0,2	
ТН 02-2	23,5 – 43,7	0,0	-0,7	0,0	-0,7	
ТН 02-3	22,8 – 47,8	0,0	-0,6	+0,1	-0,6	
ТН 02-5	27,5 – 54,5	+2,3	-0,5	+2,5	+1,1	
ТН 03-2	12,6–21,6	+0,1	-0,1	+0,2	-0,1	
	24,6–39,6	-0,3	-0,6	-0,3	-0,6	
ТН 04-1	21,6–27,6	0,0	-0,1	0,0	0,0	
	30,6–48,6	-0,3	-0,8	-0,2	-0,7	
ТН 04-2	21–30 33–48					Наращен
ТН 04-3	18,8–30,8	-0,1	-0,2			Сбита
	33,8–45,8	-0,3	-0,6			



ДАННЫЕ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ЗА УРОВНЕМ  
ГРУНТОВЫХ ВОД В ПЬЕЗОМЕТРАХ ЗА АВГУСТ  
2021 г.

## ПЬЕЗОМЕТРЫ

- Результаты наблюдений за уровнем грунтовых вод в теле и основания дамбы, также за пределами дамбы хвостохранилища приведены в таблице №6.
- Депрессионные кривые построены по последним данным и идет сравнение с прошлым отчетным месяцем.
- Повышение уровней воды в пьезометрах дамбы от 0,01 м до 1,50 м, понижение воды от 0,01 м до 0,21 м. Повышение уровней льда до 0,44 м и понижение до 1,09 м. В некоторых пьезометрах уровни без изменений. Уровни воды и льда во всех пьезометрах находятся ниже уровня естественной поверхности.

	Название пьезометров	Отметка материковой поверхности	Отметка уровня воды (льда)		Примечание	Повышения (+) и понижения (-) уровня воды/льда
			26-июля	26-августа		
Створ	PZ19-1	3633,67	3629,81	3629,81	лед	0,0
	PZ08-1	3634,70	3630,11	3630,09	лед	0,0
Створ	PZ18-1	3629,68	3628,94	3629,27	вода	+0,33
	PZ06-4	3629,90			наращен	
Створ	PZ18-2	3629,21	3626,71	3628,21	вода	+1,50
	PZ06-3	3629,30			наращен	
Створ	PZ18-3	3629,01	3626,31	3627,32	вода	+1,01
	PZ06-1	3629,00			наращен	
	PZ20-1	3629,90	3629,37	3629,36	вода	-0,01
Створ	PZ18-4	3628,24	3626,63	3627,07	вода	+0,44
	PZ06-2	3629,00		3627,34	вода	0,0
	PZ00-2	3629,50	3628,21	3628,21	лед	0,0
Створ	PZ18-5	3629,42	3627,00	3625,91	лед	-1,09
	PZ08-3	3629,60			наращен	0,0
	PZ13-2	3630,60	3628,25	3628,26	вода	+0,01
	PZ15-1	3629,80	3627,42	3627,43	вода	+0,01
Створ	PZ09-1	3630,00	3627,65	3627,70	вода	+0,05
	PZ08-4	3629,80			наращен	
	PZ16-1	3630,50	3629,94	3629,92	лед	-0,02
Створ	PZ14-3	3648,53			демонтаж	демонтаж
Створ	PZ18-6	3636,33	3628,54	3628,60	вода	+0,06
Створ	PZ18-7	3640,15	3633,94	3633,96	вода	+0,02
	PZ17-1	3638,00	3634,17	3634,19	вода	+0,02
Створ	PZ19-2	3647,58			наращен	
	PZ08-7	3647,00	3641,02	3641,02	лед	-0,0
Створ	PZ19-3	3650,92		3648,49	лед	0,0
	PZ08-8	3652,00	3647,30	3647,28	лед	-0,02
Створ	PZ19-4	3651,83		3647,64	лед	0,0
	PZ18-8	3652,59	3651,98	3652,14	лед	+0,16
Створ	PZ21-6	3664,47	3662,07	3662,06	лед	-0,01
	PZ21-7	3673,56	3645,76	3645,80	лед	+0,04
<b>ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ДАМБЫ</b>						
	ETD-PZ-5	3677,71	3676,02	3676,04	лед	+0,02
	ETD-PZ-8	3671,70	3670,77	3670,77	лед	0,0
<b>ВДОЛЬ ВОСТОЧНОГО БОРТА ХВОСТОХРАНИЛИЩА</b>						
	PZ13-3	3677,70	3634,26	3634,26	сухо	0,0
	PZ13-5	3678,08	3634,99	3634,99	сухо	0,0
<b>НИЗОВОЙ ЧАСТИ ДАМБЫ</b>						
	PZ21-1	3627,27	3625,73	3625,65	вода	-0,08
	PZ21-2	3626,94	3625,73	3625,52	вода	-0,21
	PZ21-3	3627,68	3626,58	3626,41	вода	-0,17
	PZ21-4	3630,81	3626,90	3627,34	вода	+0,44
	PZ21-5	3651,04	3634,58	3634,80	вода	+0,22

## ИНКЛИНОМЕТРЫ

- Инклинометры, расположенные к западу от упорной призмы (створы 0-0, А-А и В-В):  
- показывают – 0,0 мм/сут скорости смещения;
- Инклинометры, расположенные в районе клина (створы 1–1, 2–2, 3–3 и 4–4):  
- показывают – 0,0 мм/сут скорости смещения;
- Инклинометры, расположенные к востоку от упорной призмы (створы 5–5, 6–6, 7–7,7А-7А, 8–8, 9-9, 10-10, 11-11, С-С и D-D):  
- показывают – 0,0–0,02 мм/сут скорости смещения;
- Величина смещения, где дамба имеет наибольшую высоту согласно анализу по инклинометрам, показывают нулевые значения скоростей смещений в концевой части основания клина.
- Результаты со всех инклинометров за последний месяц приведены ниже в таблице №8.

ПЬЕЗОМЕТРЫ	Отметки поверхности земли	Отметки уровня воды (льда)		Примечание
		26-июля	26-августа	
PZ -UD#1	3729,55	3724,56 - вода	3724,42 - вода	
PZ -UD#2	3724,39	3721,78 - лед	3721,62 - вода	
PZ -UD#3	3721,99	3720,60 - лед	3720,59 - лед	
PZ -UD#4	3718,90	3717,85 - лед	3717,84 - лед	
PZ -UD#5	3715,83	3715,68 - лед	3715,69 - лед	
PZ -UD#8	3724,31	3721,13 - вода	3721,16 - вода	
PZ -LD#6	3700,65	3689,68 - лед	3689,68 - лед	
PZ -LD#7	3702,19	3691,24 - лед	3691,25 - лед	
PZ -LD#9	3703,78	3704,62 - лед	3704,53 - лед	
PZ -LD#10	3705,21	3696,28 - лед	3696,26 - лед	



Я рада, что увидела весь процесс своими глазами и что у нас в Кыргызстане есть такое высокотехнологичное предприятие.

Специалисты вели открытый диалог и с большим удовольствием делились своим опытом. Было очень информативно и интересно посетить рудник «Кумтор».