

Жамангапова Айнура Кыдыраалиевна
старший преподаватель
Кыргызский национальный аграрный университет имени К.И. Скрябина
720005, ул. Медерова, 68, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Кулов Дастан Женишбекович
магистрант
Кыргызский национальный аграрный университет имени К.И. Скрябина
720005, ул. Медерова, 68, г. Бишкек, Кыргызская Республика

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ БЕЗОПАСНОСТИ ДАМБ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы обеспечения безопасности дамб хвостохранилищ на основе системы инструментального мониторинга. Особое внимание уделяется организации натурных наблюдений за состоянием гидротехнических сооружений с использованием контрольно-измерительной аппаратуры. Рассматривается применение пьезометрических и наблюдательных скважин для контроля фильтрационного режима, а также геодезических марок для отслеживания деформаций и осадок дамб. Проведение регулярных инструментальных наблюдений позволяет своевременно выявлять изменения в напряженно-деформированном состоянии сооружений и оценивать уровень их эксплуатационной надежности. Отмечается, что внедрение комплексной системы мониторинга способствует повышению промышленной и экологической безопасности хвостохранилищ, предотвращению аварийных ситуаций и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Полученные результаты могут быть использованы при эксплуатации и контроле технического состояния гидротехнических сооружений горнодобывающих предприятий.

Ключевые слова: хвостохранилище, дамба, инструментальный мониторинг, гидротехнические сооружения, пьезометрические скважины, геодезические марки, безопасность, натурные наблюдения.

Жамангапова Айнура Кыдыраалиевна
улук окутуучу
К. И. Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университети
720005, Медерова көчөсү, 68, Кыргыз Республикасы, Бишкек

Кулов Дастан Женишбекович
магистрант
К.И. Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университети
720005, Медерова көчөсү, 68, Кыргыз Республикасы, Бишкек

ХВОСТОХРАНИЛИЩЕНИН ДАМБАЛАРЫНЫН КООПСУЗДУГУН ИНСТРУМЕНТАЛДЫК МОНИТОРИНГДӨӨ

Аннотация: Макалада хвостохранилищелердин дамбаларынын коопсуздугун инструменталдык мониторинг системасынын негизинде камсыз кылуу маселелери каралат. Өзгөчө көңүл гидротехникалык курулмалардын абалын көзөмөлдөө үчүн контролдук-өлчөөчү жабдууларды колдонуу менен жүргүзүлгөн натуралык байкоолорду уюштурууга бурулган. Фильтрациялык режимди көзөмөлдөө үчүн пьезометриялык жана байкоочу скважиналарды колдонуу, ошондой эле дамбалардын деформацияларын жана чөгүүлөрүн аныктоо максатында геодезиялык белгилерди пайдалануу маселелери каралат. Үзгүлтүксүз инструменталдык байкоолор курулмалардын чыңалуу-деформациялык абалындагы өзгөрүүлөрдү өз убагында аныктоого жана алардын эксплуатациялык ишенимдүүлүк деңгээлин баалоого мүмкүндүк берет. Комплекстүү мониторинг системасын киргизүү хвостохранилищелердин өндүрүштүк жана экологиялык коопсуздугун жогорулатууга, авариялык кырдаалдардын алдын алууга жана айлана-чөйрөгө болгон терс таасирин минималдаштырууга өбөлгө түзөрү белгиленет. Алынган жыйынтыктар тоо-кен өндүрүш ишканаларынын гидротехникалык курулмаларын эксплуатациялоодо жана алардын техникалык абалын көзөмөлдөөдө колдонулушу мүмкүн.

Негизки сөздөр: хвостохранилище, дамба, инструменталдык мониторинг, гидротехникалык курулмалар, пьезометриялык скважиналар, геодезиялык белгилер, коопсуздук, натуралык байкоолор.

Zhamangapova Ainura Kydyraalievna
senior lecturer

Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Scriabin
720005, st. Mederova, 68, Bishkek, Kyrgyz Republic

Kulov Dastan Zhenishbekovich
master's student

Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Scriabin
720005, st. Mederova, 68, Bishkek, Kyrgyz Republic

INSTRUMENTAL MONITORING OF TAILINGS DAM SAFETY

Annotation. The article examines issues related to ensuring the safety of tailings dam structures based on an instrumental monitoring system. Particular attention is given to the organization of in-situ observations of hydraulic structures using control and measuring instrumentation. The use of piezometric and observation wells for monitoring the filtration regime, as well as geodetic benchmarks for tracking dam deformations and settlements, is considered. Regular instrumental observations allow timely identification of changes in the stress-strain state of the structures and enable assessment of their operational reliability. It is noted that the implementation of an integrated monitoring system contributes to improving the industrial and environmental safety of tailings storage facilities, preventing emergency situations, and minimizing negative environmental impacts. The obtained results can be applied in the operation and technical condition monitoring of hydraulic structures at mining enterprises.

Keywords: *tailings storage facility, dam, instrumental monitoring, hydraulic structures, piezometric wells, geodetic benchmarks, safety, in-situ observations.*

Введение Хвостохранилища являются важными объектами горнодобывающей промышленности, предназначенными для складирования отходов переработки полезных ископаемых. Надежность и безопасность эксплуатации дамб хвостохранилищ имеют особое значение, поскольку возможные аварии на данных гидротехнических сооружениях могут привести к серьезным экологическим, экономическим и социальным последствиям [3,4].

В связи с этим особое внимание уделяется вопросам постоянного контроля технического состояния дамб и своевременного выявления возможных деформаций и изменений фильтрационного режима [1,6].

Одним из наиболее эффективных методов обеспечения безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений является организация системы инструментального мониторинга [7]. Такая система предусматривает проведение натурных наблюдений с применением контрольно-измерительной аппаратуры, позволяющей получать объективные данные о состоянии сооружения в процессе его эксплуатации.

Важную роль в системе мониторинга играют пьезометрические и наблюдательные скважины, которые используются для контроля уровня подземных вод и фильтрационных процессов в теле дамбы и ее основании. Одновременно с этим геодезические марки позволяют фиксировать возможные смещения, осадки и деформации сооружения [8]. Комплексное применение данных методов обеспечивает получение достоверной информации о состоянии гидротехнического сооружения и позволяет своевременно принимать меры по предотвращению аварийных ситуаций [5].

В связи с вышеизложенным актуальной задачей является разработка и совершенствование системы инструментального мониторинга безопасности дамб хвостохранилищ, обеспечивающей повышение надежности их эксплуатации и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Материалы и методы исследования В соответствии с требованиями обеспечения безопасной эксплуатации и охраны окружающей среды, а также с целью осуществления мониторинга безопасности ГТС на дамбах обвалования первой и второй очереди площадки хвостохранилища, предусматривается создание системы натурных наблюдений и контроля с установкой контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), состоящей из пьезометрических и наблюдательных скважин и контрольных геодезических марок [3,7].

Наблюдения включают:

- визуальные наблюдения;
- геодезический контроль деформаций сооружений [8];
- наблюдение за фильтрационным режимом [4];
- контроль заполнения емкости пруда-отстойника (контроль за заиливанием пруда-отстойника);
- контроль уровня воды в пруде-отстойнике.

При визуальных наблюдениях контролируется состояние откосов и гребня ограждающих дамб, состояние водоотводных канав и водоводов.

На дамбе обвалования первой и второй очереди площадки хвостохранилища предусматривается устройство четырех контрольных пьезометрических створов.

Пьезометрические створы устраиваются на низовом откосе дамб. Каждый пьезометрический створ состоит из двух или одной скважины. Одна скважина устраивается на гребне дамбы, вторая скважина устраивается у подошвы откоса или на некотором расстоянии от подошвы низового откоса. Для створов безнапорных дамб контрольный пьезометрический створ образуется одной скважиной [4].

Контрольные геодезические марки устраиваются створами и устанавливаются совместно с пьезометрами. Геодезические контрольные марки привязываются к реперам опорной геодезической сети. Контроль осуществляется периодической нивелировкой реперов опорной геодезической сети и геодезических марок [8].

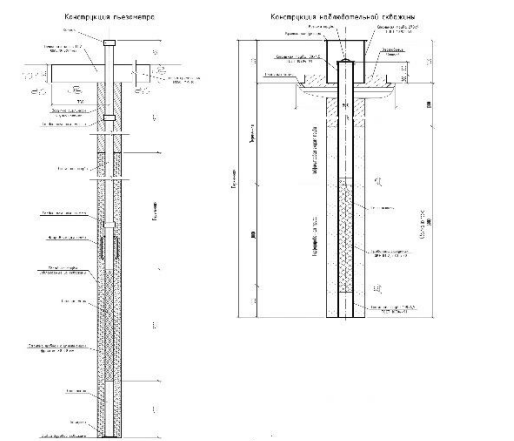


Рис. 1-Конструкция пьезометр

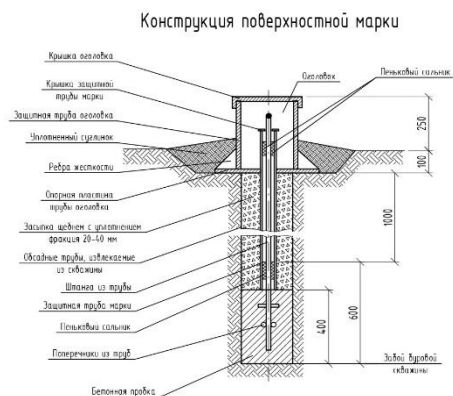


Рис. 2-Конструкция поверхностной марки

Результат исследования: Основной задачей сооружения наблюдательной сети и организация мониторинга подземных вод является контроль и защита подземных вод от возможного загрязнения [4].

Мониторинг состояния подземных вод проводится с целью своевременного выявления возможного загрязнения подземных вод, на участке расположения проектируемого хвостохранилища.

Для систематического контроля качества и естественного положения подземных вод и с целью прогноза своевременного выявления потенциально возможного загрязнения на проектируемом участке предусматривается бурение и опробование 3 наблюдательных скважин для первой очереди строительства и эксплуатации хвостохранилища, и 2 дополнительные скважины для второй очереди.

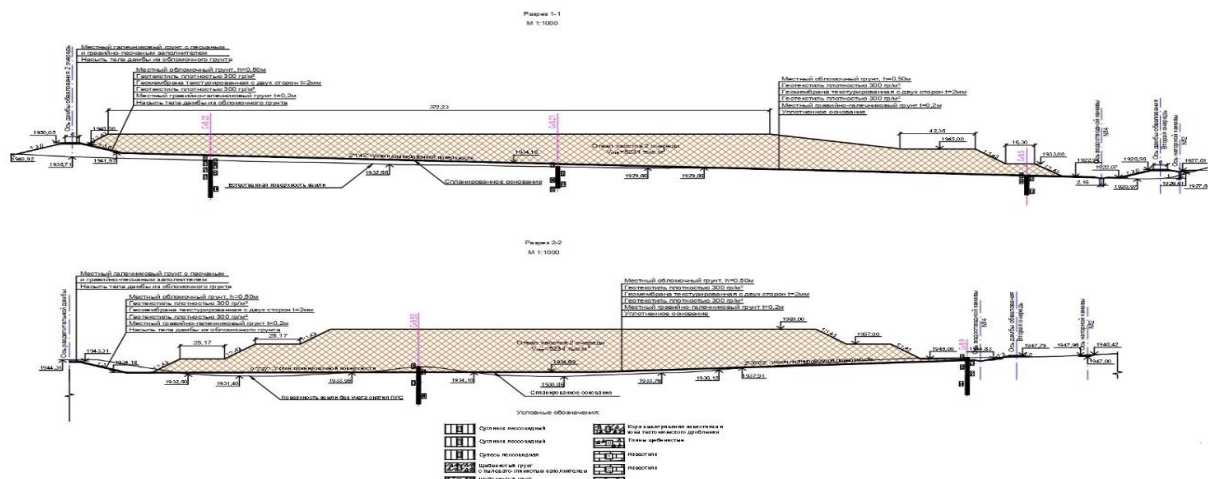


Рис. 3 - Скважины для второй очереди хвостохранилища.

Наблюдательные скважины №1, 2, 3 оборудуются под режимные наблюдения для прогноза и выявления возможного источника загрязнения подземных вод со стороны площадки хвостохранилища при эксплуатации сооружений первой очереди.

Наблюдательные скважины №4, 5 оборудуются под режимные наблюдения для прогноза и выявления возможного источника загрязнения подземных вод со стороны площадки хвостохранилища при вводе в эксплуатацию сооружений второй очереди.

Для определения характеристик состояния подземных вод в естественных не нарушенных условиях залегания предусматривается сооружение наблюдательной сети на один год раньше до ввода хвостохранилища в эксплуатацию для получения фоновых характеристик природного качества подземных вод [2,4]. В течение этого календарного года отслеживаются изменения естественного состояния качества подземных вод. Полученные данные далее используются в качестве фоновых показателей для сравнения в последующие годы.

В состав работ режимных наблюдений входит: измерение колебаний уровня подземных вод, периодический отбор проб воды для изучения изменения химического состава. Согласно гидрогеологической методике по проведению режимных наблюдений, предусматривается ежедневный замер уровня и ежедекадный отбор проб подземных вод. Замер уровня производится ручным способом хлопушкой или электро-уровнемером. По необходимости в скважину устанавливается автоматический регистратор уровня и давления подземных вод пьезометр типа GEOKON.

Отбор проб воды. Во всех наблюдательных скважинах предусматриваются периодический отбор проб подземных вод на выполнение полного и сокращённого химического анализа и определение микрокомпонентного состава. Дополнительно отбираются пробы подземных вод на определение содержание тяжёлых металлов и цианидов. Периодичность отбора проб планируется - ежедекадная. Отбор проб подземных вод производится с помощью погружного насоса или пробоотборником.

Все анализы подземных вод выполняются в специализированных или аккредитованных лабораториях в установленном порядке.

Вывод. Проведённые исследования показали высокую значимость системы инструментального мониторинга для обеспечения безопасной эксплуатации дамб хвостохранилищ. Натурные наблюдения с использованием контрольно-измерительной аппаратуры позволяют получать объективные данные о техническом состоянии гидротехнических сооружений [3]. Пьезометрические и наблюдательные скважины обеспечивают контроль уровня подземных вод и фильтрационного режима, в то время как геодезические марки позволяют своевременно выявлять деформации, смещения и осадки дамб [8].

Комплексное применение этих методов способствует своевременному обнаружению изменений напряженно-деформированного состояния сооружений и принятию необходимых мер по предотвращению аварийных ситуаций [7]. Кроме того, регулярный мониторинг подземных вод обеспечивает защиту окружающей среды и поддержание экологической безопасности.

Таким образом, внедрение системы инструментального мониторинга безопасности дамб хвостохранилищ повышает надёжность их эксплуатации, снижает риск аварий и

минимизирует негативное воздействие на окружающую среду.

Список используемой литературы

1. Жамангапова А.К., Эшматов А.А. Противофильтрационные устройства в хвостохранилище. — Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина, 2024, № 2 (69), С. 59–64.
2. Жамангапова А.К., Жолдошева М.Б., Абдиева А.А. Фильтрационная прочность в грунтовых плотинах. — Вестник Пространство ученых в мире, 2025, № 1, С. 20–25.
3. Иванов И.И. Мониторинг гидротехнических сооружений. — Москва: Недра, 2018.
4. Петров П.П., Сидоров С.С. Гидрогеологический контроль хвостохранилищ. — Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2020.
5. ГОСТ Р 52371-2005. Гидротехнические сооружения. Контроль состояния и безопасность эксплуатации. — М.: Стандартинформ, 2005.
6. Смирнов В.В., Лебедев А.Н. Инженерная геология и геотехника плотин и дамб. — Москва: Изд-во МГСУ, 2019.
7. Кузнецов Е.П., Марков С.В. Методы инструментального мониторинга сооружений. — Журнал строительной инженерии, 2023, Т. 15, № 4, С. 45–55.
8. Белов А.А., Рогова Т.В. Геодезические методы контроля деформаций гидротехнических объектов. — Геодезия и картография, 2022, № 8, С. 12–20.

Сведения об авторах:

1. **Жамангапова Айнура Кыдыраалиевна** - КНАУ им. К.И.Скрябина. ст.преподаватель кафедры Гидротехнического строительства Телефон: (моб) 0772662623 г.Бишкек, Е-mail: ainura-20.69@mail.ru
2. **Кулов Дастан Женишбекович** - КНАУ им.К.И.Скрябина, магситрант кафедры Гидротехнического строительства Телефон: 0700128090 г.Бишкек, Е-mail: dastankulov87@mail.ru