

MPHTI 67.13.25 : 70.17.47

А.Б. Толеш¹ – основной автор, ©
А.Д. Мамитова², Т.Ч. Тажиева³, О.К. Карлыханов⁴,
Н.Н. Бакбергенов⁵, Ш.К. Шапалов⁶, Ф.Х. Аубакирова⁷



^{1,5}Магистр, ^{2,7}Канд. техн. наук, доцент, ³PhD, ассоц. профессор,
⁴Д-р техн. наук, ⁶PhD, профессор

ORCID

¹<https://orcid.org/0009-0007-0029-5143> ²<https://orcid.org/0000-0003-2334-145X>
³<https://orcid.org/0000-0002-5249-7616> ⁴<https://orcid.org/0009-0006-4697-4523>
⁵<https://orcid.org/0000-0003-0152-8280> ⁶<https://orcid.org/0000-0002-3015-5965>
⁷<https://orcid.org/0000-0002-4687-1528>



^{1,2,6,7}Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
г. Шымкент, Казахстан

³Таразский университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

^{4,5}Казахский Научно-Исследовательский Институт Водного Хозяйства,
г. Тараз, Казахстан

@

⁵bakbergenovnurlan@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/DLRZ7541>

К ВОПРОСУ УСТОЙЧИВОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ГРУНТОВОЙ ДАМБЫ КОКСАРАЙСКОГО КОНТРЕГУЛЯТОРА

Аннотация. Вопрос устойчивости и надежности грунтовой дамбы Коксарайского контррегулятора является ключевым для обеспечения безопасности эксплуатации данного сооружения для южного региона. Дамба играет важную роль в регулировании водных потоков, контроле уровня воды и предотвращении затоплений в регионе. Для оценки ее устойчивости необходимо учитывать геологические и гидрологические особенности участка, характеристики грунтов, а также воздействия внешних факторов, таких как динамическая нагрузка от водных масс и возможные природные катаклизмы. В статье рассмотрены основные аспекты устойчивости и надежности грунтовой дамбы Коксарайского контррегулятора, в частности, анализируются геологические и гидрологические условия, влияющие на эксплуатацию сооружения, а также методы оценки устойчивости и надежность грунтовой дамбы.

Ключевые слова: река Сырдарья, Шардаринское водохранилище, Коксарайский контррегулятор, устойчивость дамбы, методика расчета.



Толеш, А.Б. К вопросу устойчивости и надежности грунтовой дамбы Коксарайского контррегулятора [Текст] / А.Б. Толеш, А.Д. Мамитова, Т.Ч. Тажиева, О.К. Карлыханов, Н.Н. Бакбергенов, Ш.К. Шапалов, Ф.Х. Аубакирова // Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №3(89). – С.263-273.
<https://doi.org/10.55956/DLRZ7541>

Введение. Водохранилищные гидроузлы относятся к водохозяйственным объектам, имеющим высокую степень индивидуальности и неповторимости своей реализации, что определяет сложность их возведения и большую трудоемкость при эксплуатации. Часто эти факторы приводят к огромному материальному и финансовому ущербу при катастрофических авариях водохранилищ. При этом величина убытков для

экономики страны на порядок, или иногда на два порядка превышают затраты на строительство самого сооружения [1].

Мировой опыт эксплуатации водоподпорных сооружений показал, что при превышении возраста ГТС свыше 30-40 лет вероятность их аварий резко возрастает. Нужно отметить, что срок эксплуатации большей части водохранилища Казахстана значительно превосходит этот порог.

Но, на водохозяйственной практике имеются факты, которые свидетельствуют, что несмотря на малый срок эксплуатации ГТС вероятность аварий проявляется после 10-15 лет.

Одним из таких водохозяйственных объектов является Коксарайский контррегулятор, находящийся в бассейне реки Сырдарья ниже Шардаринского водохранилища.

Контррегулятор введен в строй в 2010 г. в ускоренном темпе после затяжных зимних паводков в нижнем течении реки. Расположение взаимосвязанных с Коксарайским контррегулятором – Шардаринского водохранилища на территории Казахстана и Арнасай-Айдаркольской озерной системы на территории Узбекистана (рис. 1.).

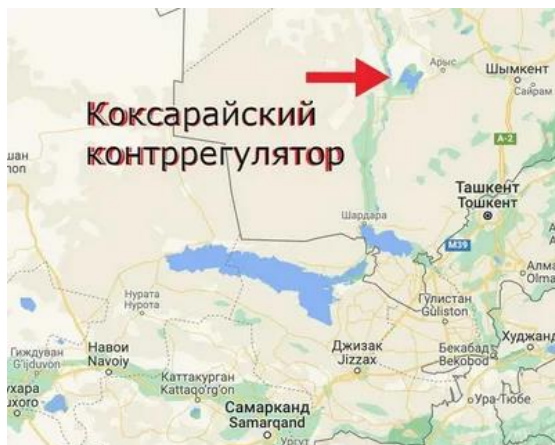


Рис. 1. Расположение взаимосвязанных водных объектов в зоне исследований

После 10-12 лет успешной эксплуатации по дамбе Коксарайского контррегулятора возникли аварийные ситуации, проявляющиеся в виде грифонов и суффозии через тело дамбы. В результате для избежания чрезвычайных ситуаций и обеспечения безопасности контррегулятора в целом накопление воды сокращено в 2 раза и за последние 2-3 года объем воды в нем не превышает 1,5 км³/год. Отмеченная ситуация является предметом настоящих исследований.

Условия и методы исследований. Исходные материалы и методы. Контррегулятор представляет собой наливной водоем на правом берегу реки Сырдарья с проектным объемом 3 км³ (рис. 2).

Площадь водной акватории составляет 46,7 тыс. га, что делает его при таком объеме мелководным. Контррегулятор оснащен регулируемыми сооружениями: головное водозаборное сооружение на пропуск расхода 1800 м³/с, подводящий канал, длина которого составляет 16 км, на расход 500 м³/с, длина дамбы 44 км со средней высотой 7,7 м; Отводящий канал рассчитан на пропуск расхода 500 м³/с.

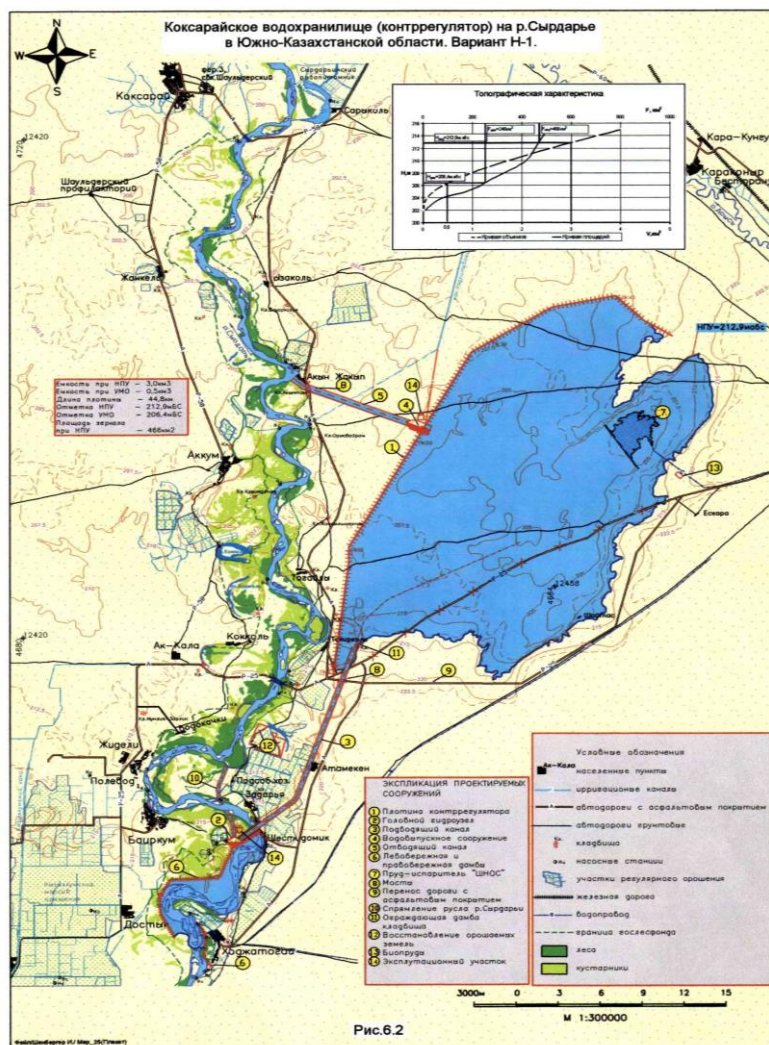


Рис. 2. Общий вид Коксарайского контррегулятора в створе реки Сырдарья

При обосновании назначения контррегулятора при таких параметрах были приняты следующие показатели [2]:

- обеспечение паводковой безопасности нижнего течения реки от Шардаринского водохранилища до Малого Арала;
- обеспечение устойчивости дамбы Шардаринского водохранилища при пропуске максимальных объемов и расходов;
- возможность создания контррегулирующего водоема ниже Шардаринского водохранилища при зимних энергопусках по реке Сырдарья;
- недопущение непроизводительных сбросов в Арнасай-Айдаркольскую озерную систему на территории Узбекистана.

Все принятые меры в совокупности должны улучшить водохозяйственную и экологическую обстановку в нижнем течении реки Сырдарья. При этом дополнительно обеспечивался водой не только Малый Арал, но и многочисленные озерные системы вдоль реки, особенно в дельте реки Сырдарья.

Накопление зимнего стока реки Сырдарья в контррегуляторе с ноября по март месяцы с последующим сбросом с апреля по июнь месяцы обратно в русло реки гарантирует экосток для низовой реки Сырдарья в годы разной водности и водоприток в дельту и Малый Арал [3].

В настоящее время контррегулятор решает следующие задачи:

- регулирование режима эксплуатации верховых водохранилищ. До его ввода водохозяйственный режим был неустойчивым, что приводило к ежегодным паводковым ситуациям и наводнениям населенных пунктов и инженерной инфраструктуры в нижнем течении реки, начиная со створа Томенарык р. Сырдарья;
- улучшение водообеспеченности дельтовых озерных систем р. Сырдарья, одновременно обеспечивая стабилизацию уровня воды в Малом Арале;
- снижение безвозвратных потерь при сбросе части стока в Арнасай-Айдаркольскую озерную систему, так как за 20 лет до строительства контррегулятора суммарные потери воды для нижнего течения реки составили не менее 30 км³.

Кроме преимуществ контррегулятор имеет ряд недостатков [4]:

- потери на испарение и фильтрацию в год составляют 0,3 км³;
- большая вероятность устойчивости тела дамбы длиной 44 км, что требует постоянного осмотра и контроля;
- затопление больших территорий из-за мелководной акватории контррегулятора.

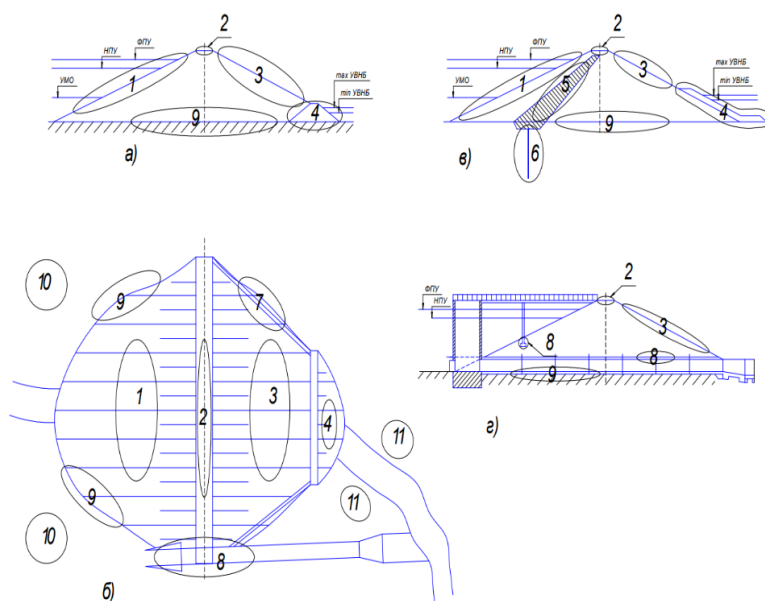
В этих условиях режим накопления и сброски объемов воды в контррегуляторе в нижнее течение реки имеет важное значение.

Методы исследования включают в себя: аналитический обзор литературных источников, сбор и анализ полевых данных о геологических условиях, свойствах грунтов и параметрах контррегулятора.

Применение методов оценки и расчета устойчивости откосов грунтовых плотин, анализ и обобщение полученных данных натурных исследований грунтовых плотин и откосов по всей длине контррегулятора позволяют оценить устойчивости откосов грунтовых плотин с сочетанием визуальных наблюдений с измерениями на сооружениях, что позволяет не только констатации фактов, но и выявить возможные причины или характер проявления тех или иных зарегистрированных дефектов и процессов.

Натурные обследования проводились путем детальных осмотров сооружений, его элементов и территории с применением измерительных приборов, приспособлений и других методов распознавания включая оценку состояния и безопасности грунтовой плотины, верховых и низовых откосов, прогноз их изменения во времени, выявление отклонений от проектных решений, повреждений, дефектов и изменений физико-механических свойств материалов, которые могут послужить причиной аварии сооружений; выявление опасных изменений в процессах фильтрации, перемещения, осадки, уровня напряжений, происходящих в системе «сооружение – основание».

Визуальные наблюдения выполнены с помощью простейших измерений и инструментов. При этом выделены следующие основные элементы конструкции грунтовой плотины и возможные зоны ее повреждения (рис. 3).



1 – верховой откос (призма) и его крепление; 2 – гребень и его крепление; 3 – низовой откос (призма) и его крепление; 4 – дренаж; 5 – противофильтрационное устройство (ПФУ) в теле плотины; 6 – противофильтрационное устройство в основании; 7 – ливнеотводящие; дренажные каналы; 8 – зона сопряжения с бетонным сооружением; 9 – зона сопряжения с основанием; 10 – территория, прилегающая к плотине в верхнем бьефе; 11 – территория, прилегающая к плотине в нижнем бьефе.

Рис. 3. Зоны и фрагменты визуального и инструментального обследования верха дамбы, откосов и основания плотины

Обзор предшествующих исследований. Исторически первой работой по вопросу равновесия массива, ограниченного наклонной плоскостью (откосом), является работа У. Ренкина (1857). Шарлем Огюстеном де Кулоном в конце 18-го столетия для решения подобных задач заложена теоретическая база, основанная на анализе уравнений равновесия в плоскости, в пространстве или по какой-либо поверхности, отсекающей часть массива от целого. Получаемые решения определяют только предельные сочетания действующих нагрузок при заданных свойствах грунта (сцепление, угол внутреннего трения ϕ и плотность ρ). Первый способ расчета устойчивости откосов, основанный на принципе Кулона, был предложен в 1920 г. ученым Г. Франсе [5].

С появлением ЭВМ, инженерных языков программирования и CAD-систем, возникли условия для создания мощных геотехнических программ, реализующих классические методы предельного равновесия (LEM) с полной автоматизацией, численные методы: метод конечных элементов (FEM), конечных разностей (FDM), предельного анализа и возможности учета реальных грунтовых условий, сложной геометрии, многослойности, фильтрации, сеймики, изменения во времени [6].

В настоящее время наиболее популярные программы по расчету устойчивости состояния откосных сооружений: *Geo 5*, *GeoStab*, *GeoStudio Slope/W*, *Rocscience Slide*, *Plaxis*, *GenIDE32* [7-12].

Алгоритм работы для всех программ идентичный. Первоначально создается модель откосного сооружения, на которой отображают все слои грунтов и конструктивные особенности. Каждому грунтовому материалу задают тип и его характеристики. К каждому объекту сооружения привязывают определенный тип грунта и строят поверхность скольжения круглоцилиндрической или полигональной формы. Расчет устойчивости производится по следующим методам: Bishop'a, Fellenius'a, Morgenstern and Price'a, Janbu, Sarma и конечных элементов.

Результаты исследований и их обсуждение. При обследовании устойчивости дамбы Коксарайского контррегулятора выявлены видимые деформации и просадки гребня, необходима полная заделка деформационных швов на откосах плотины, для предотвращения потерь воды из водохранилища, на железобетонных элементах водовыпуска наблюдаются значительные трещины и оголенная арматура, что требует проведения ремонта.

На плотине не имеется КИА, гидropостов и освещения, сигнальные столбики, чаша водохранилища сильно заросла растительностью и частично заилена, необходимо восстановление проектной емкости контррегулятора. По гребню плотины проходит гравийная эксплуатационная дорога.

Грунты тела и основания плотины представлены суглинками темно-серого цвета, по показателю текучести от мягкопластичных до текучих с корнями растений. Грунты суффозионно не устойчивые, дренажная система работает.

Физико-механические свойства грунтов приняты согласно с отчетом по инженерно-геологическим изысканиям, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сводная таблица физико-механических свойств грунтов

Тип	Плотность г/см ³		Удельн.сцепление, кПа		Угол внут. трения, град.	
	Ест.	Вод.	Ест.	Вод.	Ест.	Вод.
Дамба	1,78	1,92	23		16	
Основание	2,0	2,07	25		19	

Расчет показал, что коэффициент фильтрации грунта тела дамбы и основания одинаковы и равны 0,004 м/с.

Устойчивость откоса выполнена в программе «GEO5 Устойчивость откоса» версия 2024.122. Программа предназначена для проектирования и анализа устойчивости откосов (склонов) слоистого грунтового массива. Поверхность скольжения может быть круглоцилиндрической (методы Бишопа, Спенсера или Morgenstern-Прайса) или полигональной (метод Sarma, или Спенсера).

В программе задавались геометрические данные слоя, по встроенной базе данных грунтов и горных пород вводятся характеристики грунтов, возможно моделировать воздействие воды уровнем грунтовой воды или изолиниями порового напряжения и надежно оптимизировать круговые и полигональные поверхности скольжения. Результаты расчета по методу Бишопа приведены на рисунке 4, в таблице 2.

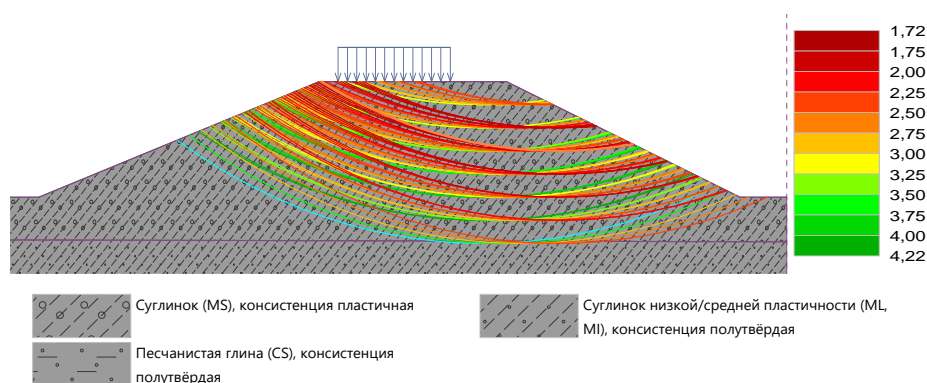


Рис. 4. Результаты проверки на устойчивость откосов

Таблица 2

Проверка устойчивости откоса (Bishop)

Суммирование активных сил:	Fa =	1932,98	кН/м
Суммирование пассивных сил:	Fp =	3323,82	кН/м
Оползневый момент:	Ma =	54722,74	кНм/м
Удерживающий момент:	Mr =	94097,22	кНм/м

Коэффициент запаса = $1,72 > 1,50$.

Вывод – устойчивость откоса подходит.

Программа одновременно дает параметры исследуемых грунтов, что является надежной информацией при эксплуатации объекта. По этому методу эта информация приведена ниже.

Таблица 3

Параметры исследуемых грунтов

Суглинок (MS), консистенция пластичная		
Удельный вес:	$\gamma = 18,00$	кН/м ³
Напряженное состояние:	эффективное	
Сопротивление сдвигу:	Mohr-Coulomb	
Угол внутреннего трения:	$\phi_{ef} = 26,50$	°
Удельное сцепление грунта:	$c_{ef} = 12,00$	кПа
Удельный вес водонасыщенного грунта:	$\gamma_{sat} = 18,00$	кН/м ³
Суглинок низкой/средней пластичности (ML, MI), консистенция полутвердая		
Удельный вес:	$\gamma = 20,00$	кН/м ³
Напряженное состояние:	эффективное	
Сопротивление сдвигу:	Mohr-Coulomb	
Угол внутреннего трения:	$\phi_{ef} = 21,00$	°
Удельное сцепление грунта:	$c_{ef} = 12,00$	кПа
Удельный вес водонасыщенного грунта:	$\gamma_{sat} = 20,00$	кН/м ³
Песчанистая глина (CS), консистенция полутвердая		
Удельный вес:	$\gamma = 18,50$	кН/м ³
Напряженное состояние:	эффективное	
Сопротивление сдвигу:	Mohr-Coulomb	
Угол внутреннего трения:	$\phi_{ef} = 24,50$	°
Удельное сцепление грунта:	$c_{ef} = 14,00$	кПа
Удельный вес водонасыщенного грунта:	$\gamma_{sat} = 18,50$	кН/м ³

В программе так же возможен расчет сейсмического воздействия, который на этом этапе исследований не проведен.

Проверка устойчивости откоса, проведенная по методу Fellenius/Petterson показала идентичные показатели (рис. 5, табл. 4).

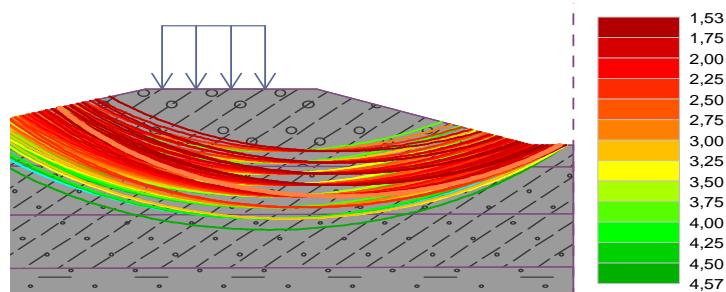


Рис. 5. Проверка устойчивости откоса по методу Fellenius/Petterson

Таблица 4

Проверка устойчивости откоса (Fellenius/Petterson)

Суммирование активных сил:	$F_a = 2476,91$	кН/м
Суммирование пассивных сил:	$F_p = 3790,83$	кН/м
Оползневый момент:	$M_a = 51136,41$	кНм/м
Удерживающий момент:	$M_p = 78262,70$	кНм/м

Коэффициент запаса = $1,53 > 1,50$.

Вывод – устойчивость откоса подходит.

Информация по параметрам исследуемых грунтов, по этому методу приведена ниже.

Таблица 5

Параметры исследуемых грунтов

Суглинок (MS), консистенция пластичная		
Удельный вес:	$\gamma = 18,00$	кН/м ³
Напряженное состояние:	эффективное	
Сопротивление сдвигу:	Mohr-Coulomb	
Угол внутреннего трения:	$\phi_{ef} = 26,50$	°
Удельное сцепление грунта:	$c_{ef} = 12,00$	кПа
Удельный вес водонасыщенного грунта:	$\gamma_{sat} = 18,00$	кН/м ³
Суглинок низкой/средней пластичности (ML, MI), консистенция полутвердая		
Удельный вес:	$\gamma = 20,00$	кН/м ³
Напряженное состояние:	эффективное	
Сопротивление сдвигу:	Mohr-Coulomb	
Угол внутреннего трения:	$\phi_{ef} = 21,00$	°
Удельное сцепление грунта:	$c_{ef} = 12,00$	кПа
Удельный вес водонасыщенного грунта:	$\gamma_{sat} = 20,00$	кН/м ³
Песчанистая глина (CS), консистенция полутвердая		
Удельный вес:	$\gamma = 18,50$	кН/м ³
Напряженное состояние:	эффективное	
Сопротивление сдвигу:	Mohr-Coulomb	
Угол внутреннего трения:	$\phi_{ef} = 24,50$	°
Удельное сцепление грунта:	$c_{ef} = 14,00$	кПа
Удельный вес водонасыщенного грунта:	$\gamma_{sat} = 18,50$	кН/м ³

Заключение. По данным визуального обследования, можно сделать вывод что грунтовая плотина находится удовлетворительном состоянии, но плотности грунтов тела обладают достаточно низкими показателями. Грунты тела и основания плотины представлены суглинками темно-серого цвета, по показателю текучести от мягкопластичных до текучих с корнями растений. Грунты суффозионно не устойчивые, дренажная система работает. При проведении полевых инженерно-геологических работ установлено, что из всех типов опасных инженерно-геологических процессов выделены процессы, описанные ниже: подтопление нижнего бьефа проявление данного процесса, наиболее активно происходит в весенний период во время паводков. В основном (эксплуатационном) расчетном случае плотина Коксарайского контррегулятора имеет запас устойчивости. Коэффициент запаса устойчивости низового откоса составляет $K_{уст}=1,72$. В данном расчетном случае рассмотрен уровень воды в верхнем бьефе на максимально возможной отметке ФПУ. Нагрузка на гребень НК. Устойчивость низового откоса обеспечена.

Список литературы

1. Голованов, А.И. Природообустройство [Текст] / А.И. Голованов, Ф.М. Зимин. – М.: Гос. ун-т природообустройства, 2000. – 145 с.
2. Карлиханов, Т.К. Арал: прошлое, настоящее, будущее [Текст]: монография / Т.К. Карлиханов, С.Р. Ибатуллин, О.К. Карлыханов, Г. Далдабаева. – Астана: Фолиант, 2016. – 313 с.
3. Карлыханов, О.К. Значение Коксарайского контррегулятора на реке Сырдарья при зимних энергопусках [Текст] / О.К. Карлыханов, А.Б. Толеш, Т.Ч. Тажиева, А.М. Бескемпирова, Н.Л. Ибрайымов // Наука и мир. – 2024. – № 9 (133). – С. 15-18.
4. Коксарайский контррегулятор – достижение Независимости и гарантия безопасности южного региона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.inform.kz/ru/koksarayskiy-kontregulyator-dostizhenie-nezavisimosti-i-garantiya-bezopasnosti-yuzhnogo-regiona_a2430103.
5. Касымканова, Х.М. Анализ методов оценки устойчивости прибортовых массивов карьеров [Текст] / Х.М. Касымканова // Вестник КГУСТА. – 2013. – № 1. – С. 37-42.
6. Жабко, А.В. Теория расчета устойчивости откосов и оснований. Анализ, характеристика и классификация существующих методов расчета устойчивости откосов [Текст] / А.В. Жабко // Известия Уральского государственного горного университета. – 2016. – № 2. – С. 42-46.
7. GeoSoft. Разработка и продажа программ для геотехнических расчетов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geo-soft.ru/>.
8. GEO. Программы для геотехнических расчетов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.finesoftware.ru>.
9. GEO-SLOPE. Software tools for geotechnical solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geo-slope.com/>.
10. PLAXIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.plaxis.ru/>.
11. ROCSCIENCE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rocscience.com/>.
12. GenIDE32 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.femsoft.ru/>.

Исследования выполнены в рамках проекта BR24992867 «Разработка ресурсосберегающих технологии для развития и управления водным хозяйством и перерабатывающей промышленностью Казахстана, создание инновационного инжинирингового центра», профинансированного Комитетом науки МНВО РК.

Материал поступил в редакцию 16.07.25, принят 24.09.25.

А.Б. Толеш¹, А.Д. Мамитова¹, Т.Ч. Тажиева²,
О.К. Карлыханов³, Н.Н. Бакбергенов³, Ш.К. Шапалов¹, Ф.Х. Аубакирова¹

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

²М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз қ., Қазақстан

³Қазақ су шаруашылығы Ғылыми-Зерттеу институты, Тараз қ., Қазақстан

КӨКСАРАЙ ҚАРСЫ РЕТТЕГІШІНІҢ ТОПЫРАҚТЫ БӨГЕТІНІҢ БЕРІКТІГІ ЖӘНЕ СЕНІМДІЛІГІ СҰРАҒЫНА

Аңдатпа. Көксарай қарсы реттегішінің топырақ бөгетінің орнықтылығы мен сенімділігі мәселесі оңтүстік өңір үшін осы құрылысты пайдалану қауіпсіздігін қамтамасыз етуде негізгі мәселе болып табылады. Бөгет су ағындарын реттеуде, су деңгейін бақылауда және өңірде су басудың алдын алуда маңызды рөл атқарады. Оның орнықтылығын бағалау үшін аумақтың геологиялық және гидрологиялық ерекшеліктерін, топырақтың сипаттамаларын, сондай-ақ су массасынан динамикалық жүктеме және ықтимал табиғи апаттар сияқты сыртқы факторлардың әсерін ескеру қажет. Мақалада Көксарай қарсы реттегішінің топырақ бөгетінің орнықтылығы мен сенімділігінің негізгі аспектілері қаралды, атап айтқанда, құрылысты пайдалануға әсер ететін геологиялық және гидрологиялық жағдайлар, сондай-ақ топырақ бөгетінің орнықтылығы мен сенімділігін бағалау әдістері талданады.

Тірек сөздер: Сырдария өзені, Шардара су қоймасы, Көксарай контррегуляторы, бөгет беріктігі, есептеу әдістемесі.

А. Tolesh¹, A.D. Mamitova¹, T.Ch. Tazhieva²,
O.K. Karlykhanov³, N.N. Bakbergenov³, Sh.K. Shapalov¹, F.Kh. Aubakirova¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan

³Kazakh Research Institute of Water Management, Taraz, Kazakhstan

ON THE STABILITY AND RELIABILITY OF THE KOKSARAISKY COUNTERREGULATOR'S GROUND DAM

Abstract. The issue of stability and reliability of the Koksarai counter-regulator soil dam is key to ensuring the safety of this structure for the southern region. The dam plays an important role in regulating water flows, controlling water levels and preventing flooding in the region. To assess its stability, it is necessary to take into account the geological and hydrological features of the site, soil characteristics, as well as the effects of external factors, such as dynamic load from water masses and possible natural disasters. The article discusses the main aspects of the stability and reliability of the Koksarai counter-regulator soil dam, in particular, the geological and hydrological conditions affecting the operation of the structure are analyzed, as well as methods for assessing the stability and reliability of the soil dam.

Keywords: Syrdarya river, Shardara reservoir, Koksarai counterregulator, dam stability, calculation method.

References

1. Golovanov, A.I., Zimin, F.M. Prirodoobustroystvo [Land Management]. – Moscow: State University of Land Management, 2000. – 145 p. [in Russian].
2. Karlikhanov, T.K., Ibatullin, S.R., Karlykhanov, O.K., Daldabaeva, G. Aral: proshloe, nastoyashchee, budushchee [Past, Present, Future]: monograph. – Astana: Foliant, 2016. – 313 p. [in Russian].
3. Karlykhanov, O.K., Tolesh, A.B., Tazhiyeva, T.Ch., Beskempirova, A.M., Ibraimov, N.L. Znachenie Koksarayskogo kontrregulyatora na reke Syrdar'ya pri zimnikh energopopuskakh [The significance of the Koksarai counter-regulator on the Syrdarya River during winter energy releases] // Science and World. – 2024. – No. 9 (133). – P. 15-18. [in Russian].
4. Koksarai counter-regulator – an achievement of Independence and a guarantee of security for the southern region [Electronic resource]. – Access mode: https://www.inform.kz/ru/koksarayskiy-kontrregulyator-dostizhenie-nezavisimosti-i-garantiya-bezopasnosti-yuzhnogo-regiona_a2430103. [in Russian].
5. Kasymkanova, Kh.M. Analiz metodov otsenki ustoychivosti pribortovykh massivov kar'erov [Analysis of methods for assessing the stability of pit wall masses] // Bulletin of KSUCTA. – 2013. – No. 1. – P. 37-42. [in Russian].
6. Zhabko, A.V. Teoriya rascheta ustoychivosti otkosov i osnovaniy. Analiz, kharakteristika i klassifikatsiya sushchestvuyushchikh metodov rascheta ustoychivosti otkosov [Theory of slope and foundation stability calculation. Analysis, description and classification of existing slope stability calculation methods] // News of the Ural State Mining University. – 2016. – No. 2. – P. 42-46. [in Russian].
7. GeoSoft. Development and sale of software for geotechnical calculations [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.geo-soft.ru/>. [in Russian].
8. GEO. Programs for geotechnical calculations [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.finesoftware.ru/>. [in Russian].
9. GEO-SLOPE. Software tools for geotechnical solutions [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.geo-slope.com/>. [in Russian].
10. PLAXIS [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.plaxis.ru/>
11. ROCSCIENCE [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.rocscience.com/>. [in Russian].
12. GenIDE32 [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.femsoft.ru/>. [in Russian].