

МРНТИ 67.01.45 : 70.17.31 : 70.17.33

М. Оралсынкызы¹ – основной автор, ©
М.Н. Сенников², С.К. Джолдасов³, М. Абдиров⁴,
Н. Шорабаева⁵, М.Т. Байжигитова⁶, П.М. Абдирова⁷



^{1,7}Докторант, ²Техн. гылым. д-ры, профессор,
³Техн. гылым. канд., қауымдас. профессор, ⁴PhD, доцент,
^{5,6}Магистр, аға оқытушы

ORCID

¹<https://orcid.org/0009-0000-6629-6842> ²<https://orcid.org/0000-0003-4944-2128>
³<https://orcid.org/0000-0002-3947-1411> ⁴<https://orcid.org/0009-0008-2499-9513>
⁵<https://orcid.org/0009-0004-5827-9531>



^{1,2,3,4,6,7}Казахский Национальный университет водного хозяйства и ирригации,
Тараз, Казахстан

⁵Международный Таразский университет им. Ш. Муртазы, Тараз, Казахстан



³arnur_68@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/TISK1518>

ОБ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ КОКСАРАЙСКОГО КОНТРЕГУЛЯТОРА

Аннотация. Статья посвящена анализу инженерно-геологических условий строительных площадок проектируемых гидротехнических сооружений Коксарайского контррегулятора – одного из ключевых объектов водохозяйственного значения в долине реки Сырдарья. В работе рассмотрены геоморфологические особенности района, стратиграфия, литологический состав, физико-механические свойства грунтов, а также уровень и режим подземных вод. Проведена комплексная оценка геологических и гидрогеологических факторов, оказывающих влияние на проектирование и строительство водосборов, дамб и каналов. Особое внимание уделено инженерно-геологическому районированию и выделению участков с потенциальными рисками: просадочными, набухающими и засоленными грунтами. Результаты исследования являются основой для корректного инженерного обоснования проектных решений и повышения экологической и техногенной устойчивости сооружений. Дополнительно в статье представлены результаты лабораторных исследований образцов грунтов, отобранных с различных глубин в пределах предполагаемых строительных площадок. Проанализированы особенности сезонных колебаний уровня грунтовых вод и их влияние на устойчивость оснований сооружений. Представлены рекомендации по инженерной подготовке площадок и укреплению оснований с учетом специфики местных геологических условий.

Ключевые слова: инженерно-геологические изыскания, Коксарайский контррегулятор, гидротехнические сооружения, физико-механические свойства грунтов, геотехнический мониторинг, гидрогеологические условия, устойчивость оснований.



Оралсынкызы, М. Об инженерно-геологических условиях строительства гидротехнических сооружений Коксарайского контррегулятора [Текст] / М. Оралсынкызы, М.Н. Сенников, С.К. Джолдасов, М. Абдиров, Н. Шорабаева, М.Т. Байжигитова, П.М. Абдирова // Механика и технологии / Научный журнал. – 2026. – №1(91). – С.354-367. <https://doi.org/10.55956/TISK1518>

Введение. Разработка и строительство гидротехнических сооружений требует всестороннего изучения природных условий, в первую очередь – инженерно-геологических. Надежность, устойчивость и долговечность таких сооружений напрямую зависят от свойств грунтов основания, гидрогеологических процессов и сейсмической активности района. Особую актуальность данная проблема приобретает при проектировании Коксарайского контррегулятора – важнейшего водохозяйственного объекта, предназначенного для регулирования стока реки Сырдарья, снижения паводковых рисков и обеспечения устойчивого водоснабжения орошаемых земель юга Казахстана.

Площадки строительства сооружений контррегулятора располагаются в сложных инженерно-геологических условиях, характеризующихся разнообразием литологических разностей, наличием подземных вод, потенциальными оползевыми и просадочными процессами. В таких условиях необходимо тщательно анализировать геологическое строение, инженерно-геологические процессы и физико-механические свойства грунтов для обоснования проектных решений и выбора оптимальных конструктивных решений.

В последние годы возрос интерес к комплексной оценке инженерно-геологических условий в рамках устойчивого природопользования и снижения техногенного воздействия на окружающую среду. Проведение инженерно-геологических изысканий позволяет не только обеспечить безопасность строящихся объектов, но и оптимизировать затраты на строительство, предупредить аварийные ситуации и обеспечить рациональное использование ресурсов территории.

Настоящая статья направлена на всесторонний анализ инженерно-геологических условий площадок строительства проектируемых гидротехнических сооружений Коксарайского контррегулятора. Основное внимание уделяется стратиграфии, геоморфологии, гидрогеологии и геодинамическим особенностям района. Результаты исследования являются основой для корректного инженерного обоснования проектных решений и повышения экологической и техногенной устойчивости сооружений.

Инженерно-геологические изыскания проводились на всех площадках строительства построенных гидротехнических сооружений ККР, а также на карьерах и др. объектах, а именно:

- на площадке головного гидроузла;
- на участке спрямления русла р. Сырдарья;
- на участках левобережной и правобережной дамб;
- вдоль трассы подводящего канала;
- на площадке мостового перехода через подводящий канал на ПК 53;
- на площадке сопрягающего сооружения на ПК 158+48 подводящего канала;
- вдоль трассы прокопа (продолжения подводящего канала);
- в пределах чаши ККР;
- вдоль трассы плотины контррегулятора;
- на площадке водовыпускного сооружения;
- вдоль трассы отводящего канала;
- на площадке мостового перехода через отводящий канал (а/д Шардара-Туркестан);
- на участке дамбы ограждения городища.

Особое внимание в исследовании уделяется оценке физико-механических характеристик грунтов, которые непосредственно влияют на выбор типа фундаментов и методы закрепления основания. Также рассматриваются потенциальные геологические риски, включая возможность развития фильтрационных деформаций и подтопления, что особенно важно при эксплуатации водохранилищ и водосбросных сооружений. Анализ данных полевых и лабораторных исследований позволил выявить участки с неблагоприятными геотехническими свойствами, требующими дополнительных инженерных мероприятий. В статье представлены рекомендации по инженерной подготовке площадок и укреплению оснований с учетом специфики местных геологических условий. Полученные результаты могут быть использованы при дальнейшей реконструкции и строительстве объектов Коксарайского контррегулятора, а также при аналогичных работах на других гидротехнических объектах в регионе.

Материалы и методы исследований. Инженерно-геологические изыскания на площадках строительства построенных гидротехнических сооружений Коксарайского контррегулятора (ККР) выполнялись в соответствии с действующими нормативными документами Республики Казахстан по инженерным изысканиям для строительства (СН РК 3.04-09-2018, СП 58.13330.2019 и др.) [1-4]. Целью данных работ являлось комплексное изучение геологического строения, физических и механических свойств грунтов, гидрогеологических и геотехнических условий площадок, необходимых для проектирования и обеспечения надежности сооружений ККР. В работе также использованы труды ученых по контролю состояния гидротехнических сооружений, по инженерно-геофизическим изысканиям на гидротехнических объектах, по применению интегральных ГИС-моделей для оценки риска разрушения земляных плотин и др. [5-19].

Полевые изыскания проводились на всех ключевых участках строительства – от головного гидроузла и трассы подводящего канала до плотины контррегулятора и отводящего канала. Исследования включали бурение инженерно-геологических скважин на глубину до 30,5 м, отбор проб ненарушенной структуры, выполнение статического и динамического зондирования, а также лабораторные испытания грунтов. В общей сложности было пробурено более нескольких десятков скважин, равномерно распределённых по всей площади проектных зон, включая левобережные и правобережные дамбы, участки спрямления русла р. Сырдарья, площадки мостовых переходов, карьеры строительных материалов и объекты инженерной защиты.

Лабораторные исследования включали определение гранулометрического состава, влажности, плотности частиц грунта, коэффициента фильтрации, пределов прочности, угла внутреннего трения и сцепления, а также консистенции глинистых пород. Все анализы выполнялись в аккредитованных лабораториях с использованием стандартных методик (СН РК 3.04-09-2018, СП 58.13330.2019 и др.) [1-4]. На основе полученных данных были построены графики гранулометрического состава песчаных грунтов и определены инженерно-геологические элементы (ИГЭ), среди которых выделены пески пылеватые, мелкие и средней крупности, супеси и суглинки зоны аэрации, а также глины четвертичного и неогенового возраста.

Для интерпретации данных применялись методы статистической обработки и геотехнического анализа, позволяющие определить нормативные и расчётные значения прочностных и деформационных характеристик грунтов. Расчёты выполнялись с использованием программных комплексов геотехнического моделирования (GeoStudio, Plaxis, AutoCAD Civil 3D) для построения разрезов и оценки устойчивости грунтовых массивов.

Полученные результаты позволили выявить инженерно-геологические особенности каждого участка строительства и дать оценку пригодности грунтов для возведения гидротехнических сооружений. На основании совокупных данных был разработан инженерно-геологический разрез и составлены карты-паспорта участков, что обеспечило научную и практическую основу для дальнейшей реконструкции Коксарайского контррегулятора.

Результаты исследований и их обсуждение. В пределах проектного участка, на разведанную глубину, песчаные грунты выделены и объединены в три ИГЭ. Пылеватые и мелкие пески залегают как в зоне аэрации, так и в зоне водонасыщения. Обводненная толща характеризуется преобладанием песков мелких с прослоями песков средней крупности и песков пылеватых. Подошва песчаных грунтов залегают на глубине от 18,5 до 19,3 м. Подстилаются песчаные отложения четвертичными глинами. В природном залегании пески имеют в основном среднюю плотность сложения (определено по лабораторным данным и данным статического и динамического зондирования). На рисунке 1. показаны кривые гранулометрического состава песчаных грунтов. Пески пылеватые характеризуется довольно однородным фракционным составом (рис. 1). В зоне аэрации содержание пылевато-глинистых фракций (<0,1мм) до 71%, а в зоне водонасыщения наоборот отмечается преобладание песчаной фракции (0,1-1,0мм) до 55,9%. Пески мелкие вскрываются в основном в зоне водонасыщения, реже в зоне аэрации. По степени неоднородности характеризуются как однородные (рис.1). Пески средней крупности имеют подчиненное значение и залегают в виде прослоев среди песков мелких. По степени неоднородности характеризуются как однородные (рис. 1).

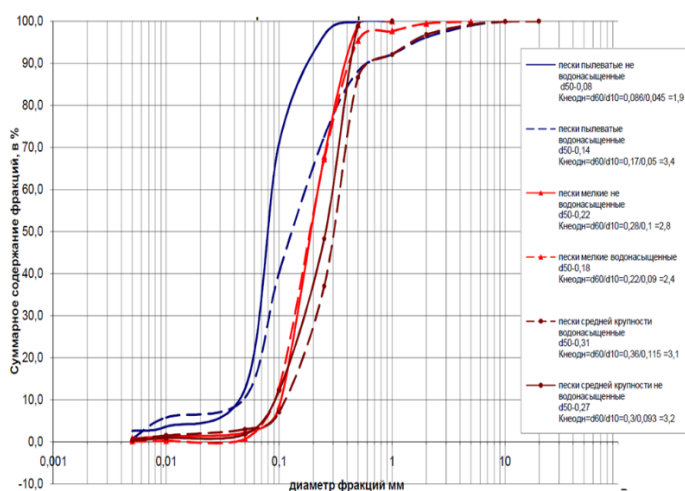


Рис. 1. Кривые гранулометрического состава песчаных грунтов Коксарайского водохранилища

В таблицах 1-3 приведены нормативные и расчетные значения геотехнических характеристик песчаных грунтов ИГЭ-1, ИГЭ-2 и ИГЭ-3, полученные после статистической обработки результатов испытаний. В таблице 4 приводятся данные осредненного гранулометрического состава песчаных грунтов. Содержание песчаной фракции (0,1-1,0мм) изменяется в небольших пределах от 87,9 до 89,6% (табл. 4.). Частные значения характеристик песчаных грунтов приведены в соответствующих таблицах карты-паспорта головного гидроузла.

Таблица 1

Нормативные и расчетные значения основных физико-механических характеристик песков пылеватых (ИГЭ-1)

№ п/п	Наименование характеристики	Обозначение	Единица измерения	Ненасыщенные	насыщенные водой		
1	Плотность грунта природной влажности То же при доверительной вероятности: <u>0,85 (по деформациям)</u> 0,95 (по несущей способности)	ρ	г/см ³	1,66	1,88		
				-//-	<u>1,66</u>	<u>1,88</u>	
				-//-	1,65	1,88	
2	Плотность сухого грунта То же при доверительной вероятности: <u>0,85 (по деформациям)</u> 0,95 (по несущей способности)	ρ_d	г/см ³	1,51	1,54		
				-//-	<u>1,51</u>	<u>1,54</u>	
				-//-	1,51	1,54	
3	Плотность частиц грунта	ρ_s	г/см ³	2,66	2,67		
4	Природная влажность	W	%	10,1	21,7		
5	Пористость	n	%	43,5	42,3		
6	Коэффициент пористости	e	д.е.	0,78	0,74		
7	Коэффициент водонасыщения	S_r	д.е.	0,32	0,79		
Механические характеристики							
8	Удельное сцепление: а) нормативное б) при доверительной вероятности: <u>0,85 (по деформациям)</u> 0,95 (по несущей способности)	C_n	кПа (кгс/см ²)	1 (0,01)	0,00		
				C_{II}	-//-	<u>1 (0,01)</u>	<u>0,00</u>
				C_I	-//-	0,67(0,007)	0,00
9	Угол внутреннего трения: а) нормативный б) при доверительной вероятности: 0,85 (по деформациям) 0,95 (по несущей способности)	φ_n	Градус	30	29		
				φ_{II}	-//-	<u>30</u>	<u>29</u>
				φ_I	-//-	27	26
10	Модуль деформации в интервале нагрузок 0,1-0,2МПа	E	МПа	20	19		
11	Расчетное сопротивление	R_0	кПа	250	100		

Примечание: а) механические характеристики приведены по результатам испытаний грунта статическим зондированием; б) допускаемое расчетное сопротивление на грунт приведено в соответствии со СНиП 2.02-02-2006 п. 2.3 и МСП 5.01-102-2002 п. 5.5.13.

Таблица 2

Нормативные и расчетные значения основных физико-механических характеристик песков мелких (ИГЭ-2)

№ п/п	Наименование характеристики	Обозначение	Единица измерения	Неводонасыщенные	насыщенные водой
1	Плотность грунта природной влажности То же при доверительной вероятности: <u>0,85 (по деформациям)</u> 0,95 (по несущей способности)	ρ	г/см ³	1,70 -/- 1,70	1,99 -/- 1,99
2	Плотность сухого грунта То же при доверительной вероятности: <u>0,85 (по деформациям)</u> 0,95 (по несущей способности)	ρ_d	г/см ³	1,52 -/- 1,52	1,64 -/- 1,64
3	Плотность частиц грунта	ρ_s	г/см ³	2,68	2,67
4	Природная влажность	W	%	11,5	21,3
5	Пористость	n	%	43,1	38,5
6	Коэффициент пористости	e	д.е.	0,77	0,63
7	Коэффициент водонасыщения	S_r	д.е.	0,40	0,91
Механические характеристики					
8	Удельное сцепление: а) нормативное б) при доверительной вероятности: <u>0,85 (по деформациям)</u> 0,95 (по несущей способности)	C_n C_{II} C_I	кПа (кгс/см ²) -/- -/-	3 (0,03) <u>2,6</u> (0,026) 2,0(0,02)	1 (0,01) <u>0,9(0,009)</u> 0,7(0,007)
9	Угол внутреннего трения: а) нормативный б) при доверительной вероятности: 0,85 (по деформациям) 0,95 (по несущей способности)	φ_n φ_{II} φ_I	градус -/- -/-	31 <u>31</u> 28	29 <u>29</u> 26
10	Модуль деформации в интервале нагрузок 0,1-0,2МПа	E	МПа	49	21
11	Расчетное сопротивление	R_0	кПа	300	200

Примечание: а) механические характеристики приведены по результатам испытаний грунта статическим зондированием; б) допускаемое расчетное сопротивление на грунт приведено в соответствии со СНиП 2.02-02-2006 п. 2.3 и МСП 5.01-102-2002 п. 5.5.13.

Таблица 3

Нормативные и расчетные значения основных физико-механических характеристик песков средней крупности (ИГЭ-3)

№ п/п	Наименование характеристики	Обозначение	Единица измерения	Неводонасыщенные	насыщенные водой
1	2	3	4	5	6
1	Удельное сцепление: а) нормативное	C_n	кПа	0,0	0,0

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
	б) при доверительной вероятности: 0,85 (по деформациям) 0,95 (по несущей способности)	C_{II} C_I	(кгс/см ²) -//- -//-	0,0 0,0	0,0 0,0
2	Угол внутреннего трения: а) нормативный б) при доверительной вероятности: 0,85 (по деформациям) 0,95 (по несущей способности)	φ_n φ_{II} φ_I	градус -//- -//-	26 26 24	31 31 28
3	Модуль деформации в интервале нагрузок 0,1-0,2МПа	E	МПа	18,9	22
4	Расчетное сопротивление	R_0	кПа	400	400

Примечание: а) механические характеристики приведены по результатам испытаний грунта статическим зондированием; б) допускаемое расчетное сопротивление на грунт приведено в соответствии со СНиП 2.02-2006 п. 2.3 и МСП 5.01-102-2002 п. 5.5.13.

Таблица 4

Осредненный гранулометрический состав песчаных грунтов

№	Тип грунта	Зона расположения грунта													Содержание, %			
		40-20	20-10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005	мелкой гальки	гравийной фракции	песчаной фракции	пылевато-глинистой фракции	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
По головному гидроузлу																		
1	песок пылеватый зона аэрации							0,10	3,25	25,70	58,35	9,00	1,00	2,60	0,00	0,00	29,00	70,95
2	Песок пылеватый зона водонасыщения			1,00	2,80	4,00	4,05	15,55	32,35	29,75	4,70	5,10	0,70	0,00	3,80	55,95	40,25	
3	песок мелкий зона аэрации						0,88	31,22	59,54	6,12	0,94	0,46	0,84	0,00	0,00	91,64	8,36	

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
4	песок мелкий	зона водо-насыщения			0,05	0,49	1,81	2,25	28,23	54,19	12,26	0,49	0,08	0,14	0,00	0,54	86,48	12,98
5	Песок средней крупности	зона аэрации						1,25	50,50	36,10	10,40	0,90	0,52	0,33	0,00	0,00	87,85	12,15
6	песок средней крупности	зона водо-насыщения		0,15	0,71	2,43	4,68	5,55	49,53	29,89	4,12	1,49	0,90	0,60	0,15	3,13	89,65	7,07

В пределах проектного участка, на разведанную глубину, глинистые грунты выделены и объединены в три ИГЭ. С поверхности участок строительства построенного головного гидроузла сложен преимущественно супесями, мощностью 0,5-1,3 м (в среднем 0,9 м), и реже суглинками, мощностью до 1,5 м. В природном сложении описываемые грунты твердой консистенции с показателем текучести $I_L < 0$. Четвертичные глины и глины неогена вскрываются скважинами только в зоне водонасыщения. Глинистые грунты зоны водонасыщения находятся в тугопластичном, реже в полутвердом состоянии. Частные значения характеристик глинистых грунтов приведены в соответствующих приложениях и карте-паспорте сооружения. Ниже в таблице 5 приведены расчетные значения основных физико-механических характеристик грунтов, в том числе и неогеновых глин, а также группы грунтов по трудности разработки землеройными механизмами.

Таблица 5

Расчетные значения основных физико-механических характеристик грунтов

№ ИГЭ	Наименование грунтов	ρ , т/м ³	E, МПа	C, кПа	φ , град	Группа грунтов по трудности разработки (СН РК 8.02-05-2002)	
						Сборник 1 номер пункта	экскаватор одноковшовый
1	2	3	4	5	6	7	8
	Почвенно-растительный слой	подлежит рекультивации, средняя мощность, 0,3м				§9а	1
1	Песок пылеватый	1,65/1,88*	19	0	26	§29в	1
2	Песок мелкий	1,70/1,99*	21	0	26	§29в	1
3	Песок средний	-/2,02*	22	0	31	§29в	1
6	Супеси зоны аэрации	1,75	10,7	31	29	§36б	1

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Суглинки зоны аэрации	1,79	5,8	22	23	§35в	2
12	Глины зоны водонасыщения	1,85	20	34	16	§8в	3
14	Глины неогена	1,95	22	40,6	16,5	§8д	4

Примечание: В таблице 5 даны расчетные значения механических характеристик грунтов при расчетах оснований по несущей способности в условиях насыщения их водой. ρ – плотность грунта природной влажности; E – модуль деформации; C – удельное сцепление; φ – угол внутреннего трения; * – плотность грунта насыщенного водой, в остальных случаях природной влажности.

Суммарное содержание легкорастворимых солей по данным лабораторных анализов от 0,08% до 0,10%. Грунты не засолены и не агрессивны по отношению к бетонным и железобетонным конструкциям [4]. Основанием фундаментов проектируемого гидротехнического сооружения (головного гидроузла) могут служить глины неогенового возраста, являющиеся региональным водоупором, залегающие на глубине 23,2-25,0 м, т.е. в пределах абсолютных отметок 189,50-190,76м. Расчетные геотехнические характеристики неогеновых глин приведены в таблице 5. В случае же заложения фундамента проектируемого головного гидроузла в пределах абсолютных отметок 200-202м, основанием будут служить насыщенные водой пески мелкие. В природном сложении они, по данным статического зондирования, характеризуются как грунты средней плотности. Для расчетов рекомендуется принимать расчетные значения показателей свойств грунтов по несущей способности, т.е. при доверительной вероятности 0,95 (табл.5.). В северо-восточной части площадки по данным бурения 2021 года (скважина С-37-01) с глубины 2,9м залегают пески средней крупности. Отбор проб производился точечным методом, что не отражает общего геолого-литологического строения. В 2024 году на этом участке был проведен опыт статического зондирования (СТЗ-8-08), в результате обработки данных, которого выявлено, что в разрезе преобладают пески мелкие (ИГЭ-2) с прослоями песков средней крупности. Поэтому для расчетов в пределах всего проектируемого сооружения рекомендуется принимать показатели физико-механических свойств песков мелких насыщенных водой. Грунты обратной засыпки. По данным бурения установлено, что глинистые грунты зоны аэрации (супеси и суглинки) имеют невыдержанную как в плане, так и в разрезе мощность. Поэтому грунтами для обратной засыпки рекомендуются песчаные грунты. В связи с тем, что в разрезе преобладают пески мелкие (ИГЭ-2), смеси песчаных грунтов будут классифицироваться как пески мелкие. Для расчетов рекомендуется принимать показатели физико-механических свойств песков мелких (табл. 5). По данным лабораторных анализов максимальная плотность сухого грунта водонасыщенных песков мелких изменяется от 1,64 до 1,68 г/см³, при среднем значении 1,66г/см³. Коэффициент уплотнения 1,01. В пределах проектируемой площадки развит водоносный горизонт современных

аллювиальных отложений (aQ_{IV}). Глубина залегания уровней грунтовых вод (УГВ) напрямую зависит от уровня поверхностного стока р. Сырдарьи. На конец мая месяца 2021 года УГВ залегали на глубине 2,3-3,3м. В 2024 году УГВ залегали на глубинах: 3,6-4,2м (июль) и 2,3-2,8м (ноябрь). Максимальным стоянием УГВ можно считать глубину 1,5-2,0м. При этом сезонные колебания УГВ составят порядка 2,1-2,2м. Водовмещающими породами являются пески пылеватые, мелкие и средней крупности со свободной поверхностью, а также линзы и прослойки песков в толще четвертичных глин. По уточненным данным общая мощность зоны водонасыщения на ноябрь 2024 года составляет порядка 20,8-22,7м. Грунтовые воды преимущественно сульфатные натриевые, реже сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-натриевые. Грунтовые воды обладают сульфатной агрессивностью к бетонам всех марок по водонепроницаемости. Вода реки Сырдарьи обладает слабой сульфатной агрессивностью к бетону марки W₄, а также хлоридной агрессивностью к железобетонным конструкциям при периодическом их смачивании, но не агрессивна при постоянном их погружении. Ниже в таблице 6 приведены расчетные значения коэффициентов фильтрации грунтов слагающих участок строительства головного гидроузла.

Таблица 6

Расчетные значения коэффициентов фильтрации грунтов

№	ИГЭ	Наименование грунта	Коэффициент фильтрации, К _г , м/сут						
			Зона аэрации			Зона водонасыщения			
			Лаборатория	Налив	Расчетный	Лаборатория	Откачка	Экспресс откачка	Расчетный
1	1	Пески пылеватые	2,70 ¹	5,14 ⁴⁺⁴	5,14	-	4,35 ²	2,15 ⁷	2,15
2	2	Пески мелкие	-	10,67 ¹⁺²	10,67	2,68 ¹	5,02 ² 3,6 [*]	-	4,55
3	3	Пески средние	-	15,8 ¹⁺¹	15,80	-	8,92 ¹⁴	-	8,92
4	6	Супеси	-	0,92 ¹ 0,8 [*]	0,86	-	-	-	-
5	7	Суглинки	0,021 ⁵	0,28 ⁵	0,28	-	-	-	-
6	12	Глины	-	-	-	-	-	-	0,01 [*]
7	14	Глины неогеновые	-	-	-	-	-	-	0,001 [*]

Примечание:

-7,26⁴ – Цифра в верхнем правом углу показывает количество выполненных определений;

-0,01^{*} – Данные фондовых материалов.

Заключение. Проведенные инженерно-геологические исследования позволили комплексно охарактеризовать строение и физико-механические свойства грунтов на площадках построенных гидротехнических сооружений Көксаарайского контррегулятора. Установлено, что инженерно-геологические условия территории отличаются высокой неоднородностью и сложностью

литологического строения, наличием водонасыщенных песков, супесей, суглинков и глин неогенового возраста. Выявлены особенности стратиграфии, гидрогеология және геоморфология участков, оказывающие непосредственное влияние на устойчивость оснований и выбор конструктивных решений.

Результаты лабораторных и полевых испытаний показали, что песчаные грунты характеризуются средней плотностью сложения и удовлетворительными фильтрационными свойствами, а глинистые отложения – высокой прочностью и водонепроницаемостью, в качестве надежного водоупора для фундаментов сооружений. Проведённый анализ уровня грунтовых вод подтвердил наличие сезонных колебаний, которые необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации объектов.

С учетом инженерно-геологических особенностей рекомендовано предусмотреть мероприятия по скреплению оснований, дренажу и инженерной защите сооружений от фильтрационных и сейсмических воздействия. Разработанные рекомендации и расчетные параметры могут служить основой для обоснования проектных решений реконструкции, направленных на повышение надежности и долговечности гидротехнических сооружений Коксарайского контррегулятора.

Проведённые исследования подтверждают необходимость постоянного геотехнического мониторинга в процессе строительства и эксплуатации объектов, и своевременно выявлять изменения в производственно-аварийных ситуациях. Полученные результаты имеют важное практическое значение для дальнейших инженерно-геологических изысканий и проектирования аналогичных гидротехнических сооружений в сложных природных условиях Южного Казахстана.

Список литературы

1. СН РК 3.04-09-2018. Гидротехнические сооружения речные [Текст]: принят приказом № 249-нқ от 5.12.2018.
2. СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения. Основные положения [Текст]. – Введ. 17-06-2020. – Москва: Стандартинформ, 2020. – 39 с.
3. СН РК 3.04-02-2023. Проектирование бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений [Текст]: принят приказом № 5-НҚ от 6.11.2023.
4. СН РК 3.04-03-2018. Основания ГТС [Текст]: принят приказом № 249-нқ от 5.12.2018.
5. Никитин, В.Н. Основы инженерной сейсмологии [Текст] / В.Н.Никитин // – М.: МГУ, 1981. – 176 с.
6. Жданов, М.С. Электроразведка [Текст]/ М.С.Жданов// – М.: Недра, 1986. – 316 с.
7. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях [Текст]: в 2 т. / пер. с франц. – М.: Мир, 1983. – Т. 1. – 312 с.
8. Интерпретация георадиолокационных данных [Текст]. – М.: МГУ, 2008. – 192 с.
9. Reynolds J.M. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. – 2nd ed. – Chichester: Wiley-Blackwell, 2011. – 710 p.
10. Butler D.K. Near-Surface Geophysics. – Society of Exploration Geophysicists, 2005. – 750 p.
11. Амангельдиев, Б.К. Геофизические методы контроля состояния гидротехнических сооружений [Текст] / Б.К.Амангельдиев, Т.С.Жунусов // – Алматы: ҚазҰТУ, 2019. – 128 с.

12. Корнилов, С.И. Инженерно-геофизические изыскания на гидротехнических объектах [Текст] / С.И.Корнилов, А.В.Николаев // - М.: Гидротехника. – 2020. – № 5. – С. 22–27.
13. Мукашева, А.Б. Применение интегральных ГИС-моделей для оценки риска разрушения земляных плотин [Текст] / А.Б.Мукашева, Е.Ж.Бекенов // Вестник КазНИИТИГС. – 2023. – № 2. – С. 35–42.
14. Sambuelli L., Calzoni C., Deidda G.P. Integrated geophysical investigations for dam monitoring // Journal of Applied Geophysics. – 2018. – Vol. 150. – pp. 13–24.
15. Анненков, Н.С. Особенности создания съёмочных геодезических сетей одночастотными спутниковыми приёмниками TRIMBLE R3 [Текст] / Н.С. Анненков, М.В. Ванеева // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2019. № 1. – С. 55-58.
16. Ванеева, М.В. О применении фотограмметрических методов для проектирования объектов ландшафтной архитектуры [Текст] / М.В. Ванеева, С.А. Макаренко, Р.Е. Романцов // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2021. № 1 (12). – С. 96-101.
17. Гладнев, В.В., Ванеева, М.В., Романцов, Р.Е. К вопросу о точности измерений при определении границ объектов ландшафтной архитектуры [Текст] / В.В. Гладнев, М.В. Ванеева, Р.Е. Романцов // Ландшафтная архитектура в современных условиях: материалы науч. конф. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. – С. 35-42.
18. Макаренко, С.А. Навигационные системы в геодезии и картографии [Текст] / С.А. Макаренко, Д.К. Жуков, В.В. Доманин // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2019. № 1 (8). – С. 127-132.
19. Лесниченко, А.А. Анализ эффективности применения систем ГНСС при производстве кадастровых работ [Текст] / А.А. Лесниченко, А.В. Бондарева, М.В. Ванеева // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 69-й студенческой науч. конф. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – С. 415-421.

Материал поступил в редакцию 12.02.25, принят 26.03.26.

**М. Оралсынқызы¹, М.Н. Сенников¹, С.Қ. Жолдасов¹, М. Абдиров¹,
Н. Шорабаева², М.Т. Байжигитова¹, П.М. Абдирова¹**

¹Қазақ Ұлттық су шаруашылығы және ирригация университеті, Тараз, Қазақстан

²Шерхан Мұртаза атындағы Халықаралық Тараз университеті, Тараз, Қазақстан

КӨКСАРАЙ КОНТРЕТТЕГІШІНІҢ ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫСТАРЫН САЛУДЫҢ ИНЖЕНЕРЛІК-ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫ ТУРАЛЫ

Түйін. Мақала Сырдария өзені аңғарындағы су шаруашылығы маңызы жоғары нысандардың бірі болып табылатын Көксарай қарсы реттегішінің жобаланатын гидротехникалық құрылыстарының құрылыс алаңдарының инженерлік-геологиялық жағдайларын талдауға арналған. Жұмыста ауданның геоморфологиялық ерекшеліктері, стратиграфиясы, литологиялық құрамы, топырақтардың физика-механикалық қасиеттері, сондай-ақ жерасты суларының деңгейі мен режимі қарастырылған. Су тастау құрылыстары, бөгеттер мен каналдарды жобалау және салуға әсер ететін геологиялық және гидрогеологиялық факторларға кешенді бағалау жүргізілген. Инженерлік-геологиялық аудандастыруға және ықтимал тәуекелі бар учаскелерді – шөгуге бейім, ісінгіш және тұзданған топырақтарды – анықтауға ерекше назар аударылған. Зерттеу нәтижелері жобалық шешімдерді инженерлік тұрғыдан дұрыс негіздеуге және құрылыстардың экологиялық әрі техногендік тұрақтылығын арттыруға негіз болып табылады. Сонымен қатар мақалада

болжанатын құрылыс алаңдары шегінде әртүрлі тереңдіктерден алынған топырақ үлгілерінің зертханалық зерттеу нәтижелері ұсынылған. Жерасты сулары деңгейінің маусымдық ауытқуларының ерекшеліктері және олардың құрылыстар негіздерінің тұрақтылығына әсері талданған. Жергілікті геологиялық жағдайлардың ерекшеліктерін ескере отырып, құрылыс алаңдарын инженерлік дайындау және негіздерді нығайту бойынша ұсыныстар берілген.

Кілт сөздер: инженерлік-геологиялық зерттеулер, Көксарай контрреттегіші, гидротехникалық құрылыстар, топырақтардың физика-механикалық қасиеттері, геотехникалық мониторинг, гидрогеологиялық жағдайлар, негіздердің тұрақтылығы.

**M. Oralsynkyzy¹, M.N. Sennikov¹, S.K. Joldassov¹, M. Abdirov¹,
N. Shorabayeva², M.T. Baizhigitova¹, P.M. Abdirova¹**

¹*Kazakh National University of Water Management and Irrigation, Taraz, Kazakhstan*

²*Sherkhan Murtaza International Taraz University, Taraz, Kazakhstan*

ON THE ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF CONSTRUCTION OF HYDRAULIC STRUCTURES OF THE KOKSARAI COUNTER-REGULATOR

Abstract. The article is devoted to the analysis of the engineering and geological conditions of construction sites for the designed hydraulic structures of the Koksarai counter-regulator, one of the key water management facilities in the Syr Darya River valley. The paper considers the geomorphological features of the area, stratigraphy, lithological composition, physical and mechanical properties of soils, as well as the level and regime of groundwater. A comprehensive assessment of geological and hydrogeological factors influencing the design and construction of spillways, dams, and canals is carried out. Particular attention is paid to engineering-geological zoning and the identification of areas with potential risks, including collapsible, swelling, and saline soils. The results of the study form the basis for sound engineering justification of design solutions and for improving the environmental and technological stability of the structures. In addition, the article presents the results of laboratory studies of soil samples taken from various depths within the proposed construction sites. The features of seasonal fluctuations in groundwater levels and their impact on the stability of structure foundations are analyzed. Recommendations are provided for site engineering preparation and foundation reinforcement, taking into account the specific local geological conditions.

Keywords: engineering-geological surveys, Koksarai counter-regulator, hydraulic structures, physical and mechanical properties of soils, geotechnical monitoring, hydrogeological conditions, foundation stability.

References

1. SN RK 3.04-09-2018. Gidrotekhnicheskie sooruzheniya rechnye [River hydraulic structures]: approved by Order No. 249-nq dated December 5, 2018 [in Russian].
2. SP 58.13330.2019. Gidrotekhnicheskie sooruzheniya. Osnovnye polozheniya [Hydraulic structures. General provisions]. – Introduced on June 17, 2020. – Moscow: Standartinform, 2020. – 39 p. [in Russian].
3. SN RK 3.04-02-2023. Proektirovanie betonnykh i zhelezobetonnykh konstruksiy gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Design of concrete and reinforced concrete structures of hydraulic engineering facilities]: approved by Order No. 5-NQ dated November 6, 2023 [in Russian].
4. SN RK 3.04-03-2018. Osnovaniya GTS [Foundations of hydraulic structures]: approved by Order No. 249-nq dated December 5, 2018 [in Russian].

5. Nikitin V.N. Osnovy inzhenernoy seysmiki [Fundamentals of engineering seismology]. – Moscow: MGU, 1981. – 176 p. [in Russian].
6. Zhdanov M.S. Elektrorazvedka [Electrical prospecting]. – Moscow: Nedra, 1986. – 316 p. [in Russian].
7. Metody i tekhnika obrabotki signalov pri fizicheskikh izmereniyakh: v 2 t. [Methods and techniques of signal processing in physical measurements: in 2 vols.]. – Moscow: Mir, 1983. – Vol. 1. – 312 p. [in Russian].
8. Interpretatsiya georadiolokatsionnykh dannykh [Interpretation of ground-penetrating radar data]. – Moscow: MGU, 2008. – 192 p. [in Russian].
9. Reynolds J.M. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. – 2nd ed. – Chichester: Wiley-Blackwell, 2011. – 710 p.
10. Butler D.K. Near-Surface Geophysics. – Society of Exploration Geophysicists, 2005. – 750 p.
11. Amangel'diev B.K. Geofizicheskie metody kontrolya sostoyaniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Geophysical methods for monitoring the condition of hydraulic structures]. – Almaty: KazUTU, 2019. – 128 p. [in Russian].
12. Kornilov S.I. Inzhenerno-geofizicheskie izyskaniya na gidrotekhnicheskikh ob"ektakh [Engineering and geophysical surveys at hydraulic engineering facilities]. – Moscow: Gidrotekhnika, 2020. – No. 5. – P. 22–27. [in Russian].
13. Mukasheva A.B. Primenenie integral'nykh GIS-modeley dlya otsenki riska razrusheniya zemlyanykh plotin [Application of integrated GIS models for assessing the risk of earth dam failure]. – Vestnik KazNIITIGS, 2023. – No. 2. – P. 35–42. [in Russian].
14. Sambuelli L., Calzoni C., Deidda G.P. Integrated geophysical investigations for dam monitoring // Journal of Applied Geophysics. – 2018. – Vol. 150. – P. 13–24.
15. Annenkov N.S. Osobennosti sozdaniya s"emochnykh geodezicheskikh setey odnochastotnymi sputnikovymi priemnikami TRIMBLE R3 [Features of creating geodetic survey networks using single-frequency satellite receivers TRIMBLE R3]. – Modeli i tekhnologii prirodoobustroystva, 2019. – No. 1. – P. 55–58. [in Russian].
16. Vaneeva M.V. O primeneniі fotogrammetricheskikh metodov dlya proektirovaniya ob"ektov landshaftnoy arkhitektury [On the application of photogrammetric methods for landscape architecture design]. – Modeli i tekhnologii prirodoobustroystva, 2021. – No. 1 (12). – P. 96–101. [in Russian].
17. Gladnev V.V. K voprosu o tochnosti izmereniy pri opredelenii granits ob"ektov landshaftnoy arkhitektury [On the issue of measurement accuracy in determining the boundaries of landscape architecture objects]. – Landshaftnaya arkhitektura v sovremennykh usloviyakh: Proceedings. Voronezh, 2020. – P. 35–42. [in Russian].
18. Makarenko S.A. Navigatsionnye sistemy v geodezii i kartografii [Navigation systems in geodesy and cartography]. – Modeli i tekhnologii prirodoobustroystva, 2019. – No. 1 (8). – P. 127–132. [in Russian].
19. Lesnichenko A.A. Analiz effektivnosti primeneniya sistem GNSS pri proizvodstve kadastrykh rabot [Analysis of the efficiency of GNSS systems in cadastral works]. – Molodezhnyy vektor razvitiya agrarnoy nauki: Proceedings. Voronezh, 2018. – P. 415–421. [in Russian].