

Voris
NASHRIYOT



Долидудко А.И., Хамраев Ш.Р. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОТКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОТКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

ДОЛИДУДКО А.И., ХАМРАЕВ Ш.Р.

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии (НИЦ МКВК)

ДОЛИДУДКО А.И., ХАМРАЕВ Ш.Р.

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ
НАДЕЖНОСТИ ОТКРЫТОГО
ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА**

МОНОГРАФИЯ

**Тошкент – 2025
Изд. «Voris-nashriyot»**

УДК: 631.67+631.62

КБК 40.63

Д -64

Долидудко А.И., Хамраев Ш.Р. «Методы повышения эксплуатационной надежности открытого горизонтального дренажа» , Монография. – Ташкент: Изд. “Voris-nashriyot”, 2025. 136 с.

В монографии рассмотрены теоретические и практические аспекты повышения эксплуатационной надежности открытого горизонтального дренажа в условиях орошаемых земель Сырдарьинской области. Работа включает анализ отечественного и зарубежного опыта, характеристику природно-климатических и гидрогеологических условий региона, а также результаты полевых и аналитических исследований, направленных на изучение процессов заилиения, устойчивости откосов, водно-солевого режима и факторов, влияющих на работоспособность дренажных систем. Особое внимание уделено моделированию миграции подземных вод, расчету водно-солевых балансов, разработке методов повышения дренированности и оценке эффективности применения отсечных дрен.

На основе выполненных исследований в монографии приведены практические рекомендации по совершенствованию эксплуатации и планированию ремонтно-восстановительных работ открытого горизонтального дренажа, повышению устойчивости откосов, оптимизации режимов работы коллекторно-дренажных систем, а также внедрению методов расчета и моделирования для поддержания оптимального мелиоративного состояния орошаемых земель.

Монография рассчитана на широкий круг специалистов в области сельского и водного хозяйства, сотрудников проектных и эксплуатационных организаций, работников мелиоративных экспедиций, научных сотрудников профильных НИИ, а также преподавателей, магистрантов и студентов ВУЗов, занимающихся вопросами мелиорации, гидрогеологии, управления водными ресурсами и эксплуатации дренажных систем.

Рецензенты:

Ш.А.УСМАНОВ – д.т.н., заведующий лабораторией НИИИВП

С.С.ТАДЖИЕВ – PhD, доцент НИУ “ТИИИМСХ”

© Долидудко А.И., Хамраев Ш.Р.

ISBN 978-9910-604-70-6

© «Voris-nashriyot», 2025

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. В мире особое внимание уделяется вопросам улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель, уменьшению земель подверженных вторичному засолению, предотвращению заболачивания, строительству и реконструкции коллекторно-дренажных сетей, а также надежной эксплуатации открытого горизонтального дренажа. На сегодняшний день в развитых странах «...открытые коллекторно-дренажные системы играют значительную роль в борьбе с засолением орошаемых земель и повышении урожайности сельскохозяйственных культур». В этой связи, по сей день особое внимание уделяется надежности открытого горизонтального дренажа как одному из основных видов дренирования земель с малыми уклонами и генетически не напорных типов режима грунтовых вод.

Кроме того проводятся научные исследования, направленные на моделирование повышения надежности эксплуатации коллектора при улучшении мелиоративного состояния орошаемых земель, обеспечение необходимой дренированности орошаемых земель и создание оптимального водно-солевого режима почв, а также поддерживание КДС в технически исправном состоянии для уменьшения заилиения русла и оплывания откосов. В данном направлении, в том числе, приоритетными считаются исследования по теоретическим моделям миграции подземных вод, в которых во взаимосвязи рассмотрены повышения надежности эксплуатации коллектора при улучшении мелиоративного состояния орошаемых земель, модели процессов переноса, обмена в системе «вода-порода», происходящих в водной среде. Вместе с этим актуальными задачами считаются аналитические и численные методы расчетов повышения надежности эксплуатации коллектора в миграционных процессах, способы определения данных параметров в лабораторных и полевых условиях.

Проведенное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан от 10 июля 2020 года за № УП-6024 «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020–2030 годы», Постановлении Президента Республики Узбекистан от 11 августа 2020 года за № ПП-4801 «О неотложных мерах по эффективному использованию водных ресурсов и улучшению мелиоративного состояния земель в Джизакской и Сырдарьинской областях», Постановлении Президента Республики Узбекистан от 1 марта 2022 года за № ПП-145 «О мерах по совершенствованию управления водными ресурсами и регулированию взаимоотношений между водопотребителями в низовом звене», Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан от 11 декабря 2019 года за № ПКМ-981 «Об утверждении положения о порядке установления водоохраных зон и зон санитарной охраны водных объектов на территории Республики Узбекистан», а также в других нормативно-правовых документах, касающиеся данной деятельности.

Степень изученности. Научно-исследовательские работы влияния эффективности горизонтального дренажа на орошаемых землях степной, полупустынной и пустынной зон проведены такими зарубежными учеными как Richard G. Allen, James Letey, Niels Ulriksen, Robert E. Sopper, Hans-Peter Blume, James I. Howard, Peter J. Ross, Lars Bengtsson, Michael J. Gibson, Hans-Jürgen Schumann и другие.

Исследования надежности эксплуатации коллекторно-дренажных систем, водно-солевого режима почв, влияния горизонтального дренажа на урожайность сельскохозяйственных культур приведены в научных работах таких ученых, как Ц.Е.Мирцхулава, А.Н.Костяков, С.Ф.Аверьянов, А.П.Вавилов, Л.П.Розов, В.Д.Журин, В.А.Ковда, В.С.Малыгин, Н.А.Беседнов, Н.Ф.Беспалов, К.Мирзажанов, Х.А.Ахмедов, Ф.М.Рахимбаев, В.А.Духовный, Х.Якубов, Ф.А.Бараев, Ш.Х.Рахимов,

Б.С.Серикбаев, Р.К.Икрамов, Б.К.Салиев, М.А.Якубов,
М.Х.Хамидов, А.Т.Салахиддинов, А.Г.Шеров, Р.А.Муродов,
А.Х.Каримов, Ш.Р.Хамраев, В.В.Хегай, Н.Гаипназаров,
У.Норкулов, Л.Г.Гаджиев, М.Отахонов и других.

К настоящему времени выполнен ряд работ, посвященных вопросам надежности строительства каналов, закрытого горизонтального и вертикального дренажей. Однако, несмотря на проведенные в данном направлении обширные исследования, надежность работы открытого горизонтального дренажа изучена в недостаточной степени.

Целью исследований является повышение эксплуатационной надежности открытого горизонтального дренажа на пылевунных грунтах Сырдарьинской области.

В соответствии с целью монографии в данной работе поставлены следующие основные **задачи**:

- проведение обзора и анализа литературы влияния эксплуатации открытого горизонтального дренажа на мелиоративное состояние орошаемых земель Сырдарьинской области;

- расчет общего и частного водно-солевого баланса в зоне влияния открытой коллекторно-дренажной сети;

- разработка методов повышения эксплуатационной надежности открытой коллекторно-дренажной сети;

- определение методики моделирования влияния грунтовых вод при водозаборах в полуограниченном пласте на надежность открытого горизонтального дренажа;

- совершенствование методов расчёта работоспособности открытого горизонтального дренажа с целью улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель.

Объектом исследований выбрана система открытого горизонтального дренажа коллектора ВЖД-Обводной в Сырдарьинской области Республики Узбекистан.

Предметом исследования является состояние и движение грунтовых вод по переносу и физико-химической трансформации

мигрирующих веществ, а также эксплуатационная надежность функционирования открытого горизонтального дренажа, с учетом структуры почвогрунтов, изменения расхода воды и степени заиления.

Методы исследований. В данном исследовании для проведения натурных наблюдений и аналитических работ в полевых условиях использованы методические пособия «Методика составления общего и частного водно-солевого баланса орошаемых земель» и «Методика проведения полевых опытов», принятые в НИИИВП и НИИССАВХ. Для построения графических и аналитических моделей в научных исследованиях использована программа QGIS, для определения точности и достоверности полученных результатов использован общепринятый многофакторный метод Б.А.Доспехова, а также методы корреляционного и регрессионного анализа.

Научная и практическая значимость результатов исследований. Научная значимость результатов исследования заключается в моделировании повышения эксплуатационной надежности открытого горизонтального дренажа и расчета отсечных дрен, составлении общего и частного водно-солевого баланса расчетного участка, а также методе расчёта выноса солей инфильтрационными водами из зоны аэрации.

Практическая значимость результатов исследований заключается в характеристике природно-климатических и хозяйственных условий Сырдарьинской области, определении основных водоотводящих трактов орошаемых земель Сырдарьинского, Мирзаабадского районов, проведении лабораторных исследований по определению качества воды, а также анализов натурных исследований снижения эксплуатационной надежности работы открытого горизонтального дренажа разного порядка и сопоставление теоретическими данными.

ГЛАВА I. ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА НА МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

§1.1. Мелиоративная эффективность работы открытого горизонтального дренажа

Решающую роль в развитии исследований миграции сыграла необходимость изучения изменений качества подземных вод при различных техногенных воздействиях, особенно при складировании и захоронении промышленных отходов. Задачи охраны и управления качеством подземных вод остаются актуальными и важными областями применения гидро-геомиграционных исследований. Вместе с тем значительное распространение эти исследования получили при решении вопросов формирования подземных вод, обоснования сельскохозяйственных мелиорации, методики полевых индикаторных опытов и т. п.

Количественные исследования миграции подземных вод должны опираться на построение моделей гидро-геомиграционных процессов, состоящих из моделей процессов переноса и физико-химической трансформации мигрирующих веществ (мигрантов), причем процессы трансформации в свою очередь подразделяются на превращения внутри каждой фазы породы (главным образом, гидрохимические превращения в жидкой фазе) и обмен между фазами. Только совместное, взаимосвязанное рассмотрение моделей процессов позволяет получить полное представление о моделировании миграции подземных вод.

Известно, что при улучшении мелиоративного состояния орошаемых земель широко применяется коллекторно-дренажная система [8; 11-с., 10; 53-с., 12; 5-с.; 18; 59-с.; 21; 11-с.; 22; 48-с.]. Развитие дренажа тесно связано с мелиоративным состоянием орошаемых земель. Мелиоративные мероприятия представляют собой комплекс организационных, хозяйственных и технических мероприятий по улучшению гидрологических, почвенных и

агроклиматических условий с целью повышения эффективности использования земельных и водных ресурсов для получения высоких и стабильных урожаев [76; 61-64 с., 85; 205-206 с.]. Древнегреческий историк и географ Геродот описывал одну из первых систем дренажа в долине реки Нил более 2 тыс. лет назад. Дренажная система, как мероприятие по улучшению мелиоративного состояния земель, была распространена и в Древней Греции. Позже древнеримский политик и писатель Катон в своем писании о сельском хозяйстве указывал на открытые дренажные системы, применяемые для осушения земель, отведенных под виноградники и оливковые плантации на территории Древнего Рима. [10; 51-54 с.].

В настоящее время коллекторно-дренажные сети широко применяются для предотвращения заболачивания и вторичного засоления орошаемых земель, а также для улучшения мелиоративного состояния земель. Глубину открытых КДС на орошаемых землях необходимо проектировать исходя из величины нормы осушения. Под нормой осушения понимается глубина расположения грунтовых вод, обеспечивающая воздухообмен и создающая оптимальную влажность в корнеобитаемом слое растений для нормального развития сельскохозяйственных культур, а также обеспечивающая возможность проведения сельскохозяйственных работ [18; 41-44-с., 34; 25-26-с.].

В XX веке теоретическими работами А.Н.Костякова, С.Ф.Аверьянова, В.А.Ковда, В.В.Егорова, В.Р.Волобуева обоснована необходимость дренажа на орошаемых землях [46; 65-78-с., 8; 18; 35; 44; 45; 96; 100]. На сегодняшний день в Сырдарьинской области коллекторно-дренажными системами обеспечено 287470 тыс. га орошаемых земель, из них на 135,43 тыс. га земель применяется открытый дренаж, что составляет 47,15 %. Закрытым дренажем дренируется 98,1 тыс. га или 34,15 %, вертикальный дренаж применяется на площади 50,9 тыс. га - 18,7 %. Общая протяженность КДС составляет 16058,7 км, из которых 8252,8 км закрытый и 7805,9 км открытый дренаж. Количество

скважин вертикального дренажа составляет 591 шт., а удельная протяженность КДС на 1 гектар орошаемой площади, в среднем, составляет 20,57 п.м. (табл. 1.1.1).

Открытый дренаж остается одним из основных видов дренирования земель с малыми уклонами и генетически не напорных типов режима грунтовых вод. Роль дренажных систем в борьбе с засолением орошаемых земель и изменение урожайности хлопчатника от динамики роста КДС, перспектива применения дренажа, характеристики мелиоративной эффективности различных его видов приведены в работе Х.И.Якубова и др. [83; 59-65-с.].

Влияние дренажа и баланс грунтовых вод, водно-солевой режим почв и урожайности сельскохозяйственных культур на орошаемых землях степной, полупустынной и пустынной зон страны проанализированы в работе Д.М.Каца [42; 6-25-с.].

На территориях республики Каракалпакстан и Хорезмской области Ф.М.Рахимбаевым проведен ряд научных исследований, посвященным воздействию технического состояния открытой дренажной сети на мелиоративное состояние орошаемых земель [62; 14-23, 63-74-с.].

В его работах приводятся данные о наилучшей дренированности Турткульского района в середине 20-го века среди остальных административных районов Каракалпакстана и соответственно урожайность хлопка-сырца была самой высокой в Каракалпакии, которая превышала 42,0 ц/га. В отдельных хозяйствах района, где не уделялось достаточного внимания мелиоративным мероприятиям, отмечается резкое снижение урожайности. Так, в хозяйстве с удельной протяженностью всего 15 м/га, урожай хлопка-сырца составлял всего около 21,0-22,5 ц/га.

Таблица 1.1.1

Обеспеченность орошаемых земель Сырдарьинской области дренажем
(данные МВХ РУЗ)

№	Наименование района	Протяженность КДС, км	ЗГД, км	Общая орошаемая площадь, тыс. га	Площадь, обеспеченная КДС, тыс. га	В т.ч. (тыс. га)		Из них в падожем без дренажа, тыс. кг/га-бо краин запаса, тыс.	Из них в падожем с орошением запаса, тыс. кг/га-бо краин запаса, тыс.
						Открытый дренаж	ЗГД		
1	Баяутский	1371,16	187,4	36,177	36,177	24,755	5,217	6,205	98
2	Гулистанский	797,55	3,2	25,279	25,279	19,138	0,165	6,078	51
3	Мирзаабадский	2276,35	1039,8	40,865	40,865	18,540	10,200	12,125	91
4	Акаптынский	2388,65	1523,7	39,864	39,864	12,634	24,318	2,375	28
5	Сардобинский	4098,01	3355,5	40,953	40,953	3,112	38,000	0,386	6
6	Сайхунабадский	1003,68	7,4	32,792	32,792	22,184	0,450	10,157	57
7	Сырдарьинский	995,20	3,9	33,081	33,081	24,760		8,321	67
8	Хавасский	3128,11	2131,9	38,459	38,459	10,304	19,735	5,249	117
9	г. Гулистан								54
	Итого по области	16058,7	8252,8	287,47	287,47	135,43	98,085	50,896	591
									206
									20,57

В районах, где глубина КДС не обеспечивает снижение уровня грунтовых вод до оптимальных размеров, в результате неудовлетворительного технического состояния КДС урожай хлопка-сырца буквально за один год снизился на 2,7-4,3 ц/га.

В работах В.А.Духовного приводится мелиоративная эффективность закрытого дренажа в новой зоне орошения Голодной степи [33; 15-26-с.]. Опыт сельскохозяйственного производства в старой зоне орошения Голодной степи доказывает огромное значение открытого дренажа в обеспечении благоприятного мелиоративного состояния орошаемых земель, на повышение их продуктивности и эффективности использования [34; 21-28-с.].

В начальные годы освоения данной территории орошение велось очень большими нормами – до 30-40 тыс. м³/га, что вызвало быстрый подъем грунтовых вод. Из-за отсутствия дренажа неглубокое залегание грунтовых вод привело к вторичному засолению, а урожайность хлопка-сырца не превышала 8 ц/га [58; 144-145-с.].

Начатое в 1941 году строительство открытой дренажной сети по проекту «Узводстроя» приостановило рост засоления земель и обусловило увеличение слабо и незасоленных земель с 30617 га в 1935 г. до 54638 га в 1952 году, а также увеличение поливных площадей с 43,8 тыс. га в 1939 году до 56,7 тыс. га в 1952 году. К 1952 году удельная протяженность открытой коллекторно-дренажной сети заметно выросла и в среднем составила 24,0 п.м. на один гектар.

Открытый горизонтальный дренаж получил распространение благодаря простоте конструкции и высокой механизацией строительных работ.

В 1952-1954 гг. Узгипроводхозом был составлен проект «Улучшение мелиоративного состояния земель и развитие орошения в зоне командования канала им. Кирова (Голодная степь)», который был направлен на регулирование водно-солевого режима орошаемых земель. Потребная мощность дренажа была

определенена на основании водных балансов, учета притока напорных вод снизу и из условия поддержания грунтовых вод на глубине 2,0-2,5 м [65].

Почвенно-солевые съемки показали положительное влияние на рассоление земель, площади слабо и незасоленных земель увеличились с 54638 га в 1952 году до 61593 га в 1958 году, солончаки соответственно уменьшились с 20196 га до 10101 га.

Съемки 1966 года, когда вертикальный дренаж был еще на стадии внедрения в локальных участках, подтвердили дальнейший процесс рассоления земель под влиянием работы увеличенной к тому времени (до 33,1 п.м./га) по сравнению с 1958 годом мощности открытого горизонтального дренажа. Урожайность хлопчатника в 1966 году в среднем по зоне составила 21,1 ц/га.

В 1979-1982 года с целью оценки работы каждого вида дренажа институт «Узгипроводхоз» провел исследования в старой зоне Голодной степи. Наблюдения велись на трех опытных участках площадью 100-110 га, расположенных на различных массивах: Шурузякского, Сардобинского и Баяутского массивов.

В среднем по трем опытным участкам доли воды, отводимой горизонтальным дренажем, составило 29,1%, вертикальным – 55,6%, при поверхностном сбросе – 15,3%. При этом соответственно удаляется 30,7%, 62,6% и 6,7% солей [65; 26-с.].

Изменение минерализации и уровня грунтовых вод на Шурузякском массиве, видно из сравнения материалов Мелиоративной экспедиции за 2012, 2017, 2022 годы (табл. 1.1.2, 1.1.3).

Выполненный среднемноголетний (2012-2022 гг.) водно-солевой баланс, по данным Мелиоративной экспедиции Сырдарыинской области, показывает, что в Шурузякском массиве открытый горизонтальный дренаж отводит в среднем 254,37 млн. м³ в год, со средней минерализацией 2,55 г/л (табл. 1.1.4).

Таблица 1.1.2

Распределение площадей по уровню залегания грунтовых вод
Шурузякского массива

Годы	Орошаемая площадь, тыс. га	Площади с глубиной залегания грунтовых вод, тыс. га		
		до 1 м	от 1 до 3 м	более 3-х м
2012	89,52	0,02	87,39	2,11
2017	90,60	0,02	85,14	5,43
2022	91,15	0,00	80,92	10,23

Таблица 1.1.3

Распределение площадей грунтовых вод по общей минерализации
Шурузякского массива

Годы	Орошаемая площадь, тыс. га	Площади с минерализацией грунтовых вод, тыс. га			
		до 1 г/л	от 1 до 5 г/л	от 5 до 10 г/л	более 10 г/л
2012	89,52	0,00	88,25	1,27	0,00
2017	90,60	0,07	84,90	5,64	0,00
2022	91,15	0,42	88,60	2,14	0,00

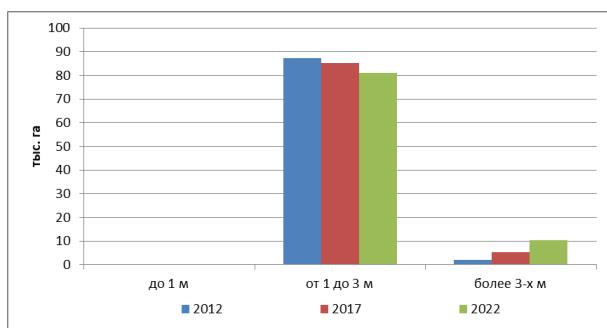


Рис. 1.1.1. Распределение площадей с глубиной залегания грунтовых вод по глубине УГВ

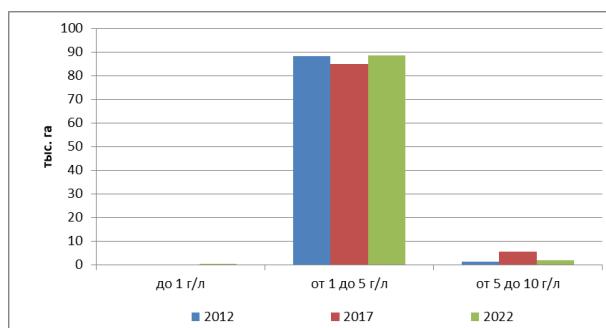


Рис. 1.1.2. Распределение площадей Шурузякского массива по общей минерализации

Таким образом, открытый дренаж не теряет своей роли по дренированию орошаемых земель а, наоборот, в современных условиях эффективность работы системы вертикального дренажа и своевременная подготовка земель к посеву зависят также от работоспособности КДС.

Таблица 1.1.4

Водно-солевой баланс орошаемой территории Шурузякского массива Сырдарыинской области

Год	Приток		Кол-во вынесенных солей (тыс. тонн)		Отток		Кол-во вынесенных солей (тыс. тонн)		Удельная разница поступления и выноса солей (+/- т/га)			
	Водозабор (млн. м ³)	минерализация просительной воды (гр/л)	хлор плотный остаток	хлор плотный остаток (млн. м ³)	сток КДС (гр/л)	минерализация КДС (гр/л)	хлор плотный остаток	хлор плотный остаток				
		плотный остаток				хлор						
2012	413,27	1,13	0,09	468,42	38,40	240,14	2,58	0,20	613,20	47,75	-1,62	-0,10
2013	432,70	1,16	0,09	502,48	38,94	264,06	2,57	0,19	675,29	49,92	-1,93	-0,12
2014	400,60	1,43	0,11	575,52	44,95	283,41	2,40	0,19	679,96	52,64	-1,17	-0,09
2015	362,61	1,48	0,11	540,18	42,00	297,73	2,22	0,16	659,56	48,66	-1,32	-0,07
2016	349,12	1,52	0,17	530,01	57,88	312,55	2,48	0,19	775,89	60,42	-2,71	-0,03
2017	524,17	1,33	0,12	701,34	63,75	312,74	2,35	0,19	736,49	58,25	-0,39	0,06
2018	491,24	1,17	0,11	577,48	52,48	296,54	2,22	0,16	658,28	48,72	-0,89	0,04
2019	453,86	1,40	0,10	639,26	51,09	279,25	2,06	0,29	579,26	50,51	-0,98	0,01
2020	392,42	1,41	0,12	545,38	48,44	207,87	2,67	0,25	551,67	52,31	-0,07	-0,04
2021	325,57	1,18	0,11	381,87	34,77	140,00	3,83	0,33	511,86	47,42	-1,43	-0,14
2022	285,07	1,35	0,11	388,89	30,54	163,80	2,65	0,28	413,50	45,66	-0,27	-0,17
Среднее	402,78	1,32	0,11	531,89	45,75	254,37	2,55	0,22	623,18	51,11	-1,01	-0,06

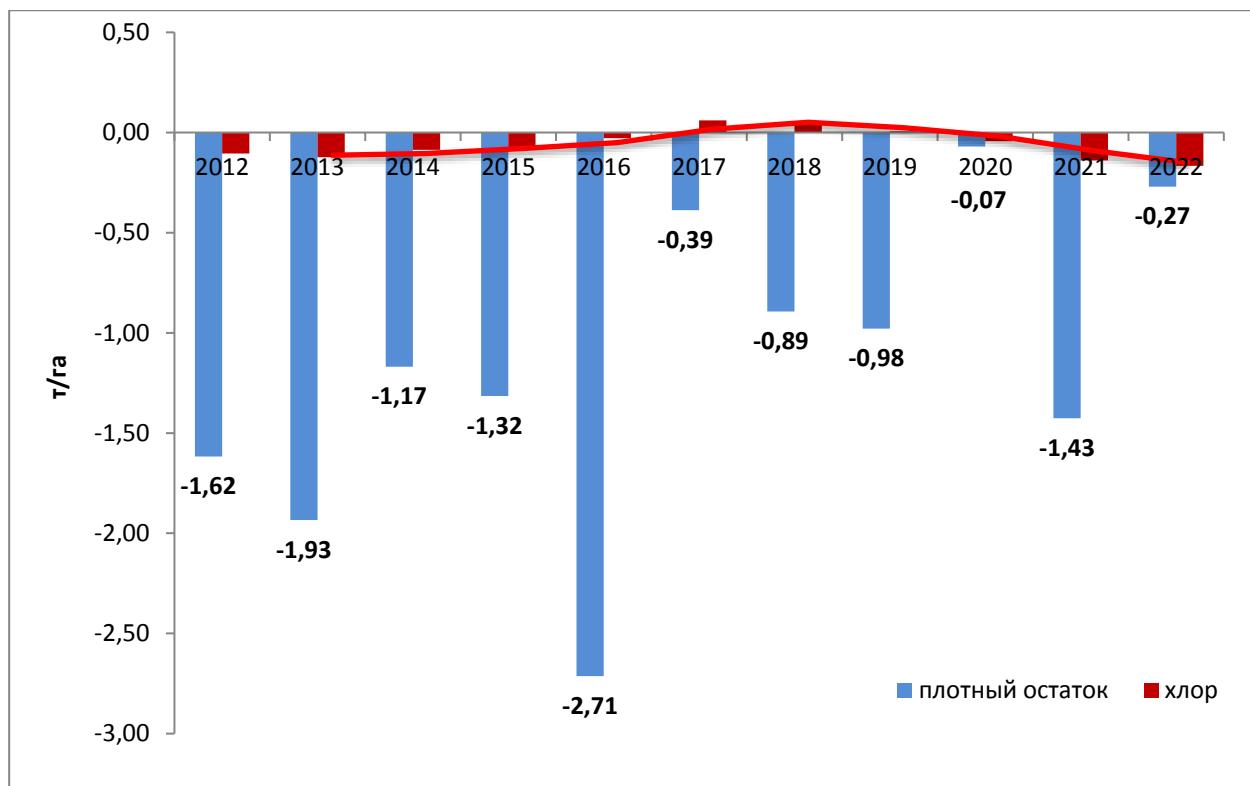


Рис. 1.1.3. Изменение баланса солей на орошаемой территории Шурузякского массива Сырдарьинской области

Анализ технического состояния КДС и мелиоративного состояния орошаемых земель в хозяйствах Сырдарьинской области, проведенный методом группировок показывает, что по мере уменьшения КДС в технически исправном состоянии увеличиваются площади средне и сильно засоленных земель, и недопустимым УГВ, который, в конечном счете отрицательно воздействует на урожайность сельхоз культур.

По данным мелиоративной экспедиции Сырдарьинской области затраты на реконструкцию открытой КДС на 1 га орошаемой площади намного ниже, чем затраты на ремонт ЗГД и вертикального дренажа и в целом (с учетом собирателей и коллекторов в зоне вертикального и закрытого дренажа) составляют в среднем 7 млн. сум/га или 155 млн. сум на 1 км длины. Затраты на ремонт закрытого горизонтального дренажа составляют 172 млн. сум/км, на промывку – 15 млн. сум и 280 млн. сум/шт. на вертикальный дренаж.

§1.2. Организация эксплуатации коллекторно-дренажных систем

Эксплуатация межхозяйственной коллекторно-дренажной сети (КДС), часть закрытого горизонтального дренажа и скважин вертикального дренажа производится областными мелиоративными экспедициями (МЭ) за счет госбюджетных средств. Внутрихозяйственная КДС эксплуатируется кластерами и фермерскими хозяйствами за счет собственных средств.

Основными мероприятиями по эксплуатации КДС являются надзор и уход. Надзор включает в себя охрану и визуальные осмотры КДС. При осмотрах фиксируется:

- а) на открытой КДС – оползни, обвалы откосов, зарастание, подпоры;
- б) на закрытой КДС – состояние наддренной полосы, устья, надземной части смотровых колодцев, наличие в них заиления и мусора;
- в) на скважинах вертикального дренажа – состояние домиков, КТП, счетчиков электроэнергии, задвижки на напорных трубопроводах, просадка устья скважин, водоприемники и отводящие каналы (засоренность, наполнение и др.).

Однако часто при визуальном осмотре возможны ошибки. Поэтому нужны объективные критерии оценки работы дренажа. Показателями оценки работы дренажа являются дренажный модуль, режим грунтовых вод и динамика засоления почвогрунтов, при оценке работоспособности отдельных дренажных систем необходимо изучение динамики подземных вод, которое возложено на мелиоративные экспедиции. Низкий технический уровень и оснащенность МЭ в эксплуатации дренажных систем, неподготовленность землепользователей к ведению сельскохозяйственного производства на дренированных землях характеризуют в отдельных районах низкую эффективность дренажа, и как следствие, ухудшение мелиоративного состояния земель [25, 19-20-с].

Г.Е.Батуриным было отмечено, что в процессе работы КДС происходят изменения как конструкции в целом, так и отдельных ее элементов вследствие ряда причин – природных, технологических, хозяйственных [27; 63-с.]. Снизить степень их воздействия можно лишь путем повышения культуры земледелия и эксплуатации КДС. Поэтому одним из принципов совершенствования организации эксплуатации КДС является улучшение не только структуры организации, но и всего комплекса условий, в которых она функционирует. При этом не всегда правомерным будет для данных природно-хозяйственных условий превышение возможной или фактической работоспособности над потребной, так как это приведет к иссушению почвогрунтов, снижению их плодородия и необходимости дополнительных затрат оросительной воды и удобрений. Если она меньше потребной – мелиоративное состояние дренируемых земель ухудшается [25, 20-21-с].

В этой связи, функциями эксплуатации КДС является оперативный сбор информации о ее техническом состоянии и оценка фактической работоспособности и, исходя из мелиоративного состояния дренируемых земель и их сельскохозяйственного использования, выдача управляющих воздействий на обеспечение прогнозной работоспособности КДС, а при недостаточных ее размерах – на планирование и проведение ремонтных работ [33; 29-35-с.].

§1.3. Эксплуатация открытого горизонтального дренажа и пути его улучшения

План ремонтно-восстановительных работ (РВР) является составной частью плана эксплуатационных мероприятий. На основании визуальных обследований технического состояния КДС составляется перечень объектов, подлежащих реконструкции и ремонтно-восстановительным работам. При визуальном обследовании КДС и сооружений на ней выявляются промоины, обвалы, оползни, зарастание водорослями и камышом, а также

подпоры на сооружениях. Необходимо отметить, что при современном подходе планирования ремонтно-восстановительных работ открытой КДС зачастую производится по данным визуальных осмотров и не учитываются некоторые показатели [66, 7-11-с.; 69, 122-123-с.]:

- мелиоративное состояние орошаемых земель, на которых планируются ремонтно-восстановительные работы КДС;
- разница отметок горизонтов воды в коллекторе, собирачеле и дрене, т.е. несмотря на очистку открытой КДС, дрена или собирачель остается в подпоре;
- отметки уровня грунтовых вод и уровня воды в дрене, т.е. имеющийся напор;
- периодичность заиления и зарастания КДС, зависящая от геолого-гидрогеологических условий местности.

Также работоспособность открытой КДС зависит от многих организационно-технических и природно-хозяйственных факторов [87; 3-с.].

Отсутствие научно-обоснованных учетов указанных факторов приводит к тому, что зачастую производится очистка дренажа, которая в ней не нуждается, а другие не очищаются годами. Иначе говоря, расстановка механизмов к очистке открытых дрен и коллекторов осуществляется без учета данных мелиоративного кадастра.

Недостатком планирования ремонтных работ является также распределение работ в течение года без учета погодных условий и режима работ КДС. По данным Сырдарьинской МЭ за последние 5 лет из годового объема ремонтных работ 70-80% выполнялись в осенне-зимний период, когда выпадает до 60% годового объема осадков. Кроме этого, при проведении промывных работ и сбросов поливных вод коллекторы заполняются до максимума. Так, максимальные стоки по КДС наблюдаются в январе-феврале, а в годы опоздания с промывными поливами в марте, когда отмечается близкое залегание УГВ.

После завершения промывных работ уровень воды в коллекторе резко падает, увеличивается действующий напор и под фильтрационным давлением происходит оползание откосов. По данным Сырдарьинской МЭ ежегодно после промывных поливов выходит из строя до 300 км открытой КДС. Все эти факторы снижают эффективность труда и вкладываемых средств [25; 20-23-с].

Согласно действующих нормативных документов, землепользователи обязаны предусматривать, в производственно-финансовых планах, средства на эксплуатацию и ремонт находящейся на балансе внутрихозяйственной КДС [56; 13-14-с., 57; 77-79-с.]. Однако во многих хозяйствах в производственно-финансовые планы не включаются средства на ремонт КДС. Очистка внутрихозяйственной КДС не оформляется проектно-сметной документацией. Поэтому очистка открытого дренажа производится неравномерно, что приводит к варьированию глубин КДС.

В конце 80-х годов научно-исследовательским институтом САНИИРИ было разработано «Положение о техническом обслуживании и ремонте внутрихозяйственной мелиоративной системы и сооружений на ней» [65; 3-5-с.]. Согласно нему необходимо устанавливать допустимое значение толщины заиления для 1-типа размера КДС-0,35 м, для 2-типа размера КДС-0,50 м. Периодичность текущего ремонта 3 года, капитального 10 лет. Причем, ни величина допустимого заиления, ни периодичность ремонта научно не обоснованы.

Ц.Е.Мирцхулава и С.Ш.Зюбенко считают целесообразным все ремонтируемые объекты разделить на 3 группы [55; 26-31-с.]:

1 – объекты, ремонтируемые по системе планово-предупредительного ремонта (ППР);

2 – объекты, ремонтируемые по системе ППР, т.е. в определенные сроки, но с учетом физического состояния элементов, если к моменту планового ремонта элемент находится в

хорошем состоянии, его не ремонтируют до следующего планового ремонта;

3 – объекты, ремонтируемые по потребности, т.е. при возникновении отказов.

Сроки и содержание ремонта предлагается определить путем составления структурной схемы ремонтных циклов, представляющих собой схематическое изображение последовательности видов ремонтов объектов: Н-Т₃-Т-С-Т-К-Т-С-СП. Приведенная схема расшифровывается так: после начала (Н) эксплуатации объекта необходимо провести два текущих (Т) ремонта, причем первый из них обеспечивается комплектом запасных элементов (Т₃), затем средний ремонт (С), после него опять текущий и, наконец, капитальный (К), за капитальным необходимо провести и средний ремонт, после чего объект следует списать (СП).

Для составления обоснованной структурной схемы реконструкции необходимо знать вероятность безотказной работы в межремонтный период. Для объектов 1 группы вероятность безотказной работы должна составлять не менее 0,95, для 2 группы не менее 0,75. Для 3 группы вероятность может быть принята равной 0,5. При неизвестной требуемой вероятности безотказной работы сроки ремонтов должны определяться на основе затрат, приходящихся на единицу полезной работы объекта [54; 36-45-с.].

Х.И.Якубов и др. [85; 16-22-с.] на примере северо-западной части Голодной степи установили, что мелиоративная эффективность вертикального дренажа зависит от работоспособности системы, которая определяется производительностью скважин и эксплуатационной надежностью технического оборудования.

Сроки и объемы ремонтно-восстановительных работ или перебуривание рекомендуют определять путем расчета времени достижения критической дренированности с помощью прогнозных водно-солевых балансов. На первом этапе определяют объем мероприятий для быстрого рассоления почв до предельно

допустимой величины, на втором – устанавливают объем ремонтно-восстановительных работ по поддержанию достигнутого рассоления земель, т.е. предотвращению реставрации засоления [83; 188-с.].

В.М.Зубцев и А.Е.Векар для условий Республики Беларусь установили предельно допустимую степень заиления дренажных труб с учетом влияния их на сроки посева и воздействия избыточной увлажненности почв в вегетационный период на потери урожая сельхоз культур [37; 68-74-с.].

В.А.Духовный в зависимости от механического состава грунтов рекомендует следующую периодичность очистки коллекторов: для плывунных и пылеватых песков – ежегодно, для легких супесей – 1-2 года, для средних суглинков – 3 года, для тяжелых суглинков – 4-5 лет, для глин – 5-7 лет [34; 23-25-с.].

Н.И.Хрисанов и Б.А.Камбаров при обеспечении надежности закрытого дренажа и влияние осушительной мелиорации на урожайность сельскохозяйственных культур предлагают стремиться не к самой высокой надежности, а к оптимальной, дающей максимальную экономическую эффективность [70; 36-39-с.].

Планирование сроков и объемов ремонтно-восстановительных работ открытого дренажа должно устанавливаться с учетом:

- закономерности отказов КДС;
- влияния отказов (работоспособности) открытой дренажной сети на мелиоративное состояние орошаемых земель;
- поддержание уровня дренированности, что обеспечивает регулирование оптимального мелиоративного режима почв;
- рабочего режима КДС;
- технико-экономических расчетов [25; 20-21-с].

В настоящее время, в имеющихся нормативных документах, научных работах и рекомендациях ремонтно-восстановительные работы на осушительных системах планируются без увязки показателей мелиоративного состояния орошаемых земель, фактических мелиоративных режимов, показателей надежности

эксплуатации открытого горизонтального дренажа, природно-хозяйственных и метеорологических условий [71; 28-с].

Научно-обоснованное планирование ремонтно-восстановительных работ при эксплуатации открытой коллекторно-дренажной сети с одной стороны должно быть базировано на теории создания и поддержания оптимальных мелиоративных режимов, а с другой – на теории обеспечения требуемой эксплуатационной надежности работы открытого горизонтального дренажа [39, 37-44 с.].

Выводы по первой главе

1. В Сырдарьинской области коллекторно-дренажными системами обеспечено 287470 тыс. га орошаемых земель, из них на 135,43 тыс. га земель применяется открытый дренаж (47,15%), закрытым дренажем дренируется 98,1 тыс. га (34,15%), вертикальный дренаж применяется на площади 50,9 тыс. га (18,7%). Общая протяженность КДС составляет 16058,7 км, в том числе 8252,8 км закрытый и 7805,9 км открытый дренаж. Количество скважин вертикального дренажа составляет 591 шт., удельная протяженность КДС на 1 га орошающей площади, в среднем, составляет 20,57 п.м.

2. Анализ минерализации и уровня грунтовых вод показал, что площади с минерализацией грунтовых вод до 1 г/л увеличились на 16%, от 1 до 5 г/л на 5%, в то время как площади с минерализацией от 5 до 10 г/л сократились в 2,6 раза. Площади с глубиной залегания грунтовых вод от 1 до 3 м уменьшились на 5%, а площади с глубиной залегания ГВ более 3-х метров увеличились в 1,88 раза.

3. Анализ технического состояния КДС и мелиоративного состояния орошаемых земель в хозяйствах Сырдарьинской области, проведенный методом группировок показывает, что по мере уменьшения КДС в технически исправном состоянии увеличиваются площади средне и сильно засоленных земель, и

недопустимым УГВ, который, в конечном счете, отрицательно воздействует на урожайность сельхоз культур.

4. Научно-обоснованное планирование ремонтно-восстановительных работ при эксплуатации открытой коллекторно-дренажной сети с одной стороны должно быть базировано на теории создания и поддержания оптимальных мелиоративных режимов, а с другой – на теории обеспечения требуемой эксплуатационной надежности работы открытого горизонтального дренажа.

ГЛАВА II. ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

§2.1. Характеристика природно-климатических и хозяйственных условий Сырдарьинской области

В качестве объекта исследований выбрана Сырдарьинская область в Голодной степи (рис. 2.1.1). Здесь имеется наиболее длительный ряд материалов эксплуатации гидромелиоративных систем и наблюдений за мелиоративным режимом, а также встречаются все возможные на практике варианты использования открытого горизонтального дренажа, таких как открытый горизонтальный дренаж, закрытый горизонтальный дренаж с открытыми собираителями и коллекторами, система вертикального дренажа с открытыми собираителями и коллекторами.

В ходе исследований использованы многолетние фактические данные согласно отчетам эксплуатационных служб по изменению мелиоративного состояния орошаемых земель, коллекторно-дренажному стоку, объему очистки КДС, фактической водоподаче и водоотводу; данные Нижнесырдарьинского БУИСа, Мелиоративной экспедиции Сырдарьинской области; данные научных исследований НИИИВП и ОАО «Узсувлойиха».

Натурные полевые исследования выполнялись на открытом коллекторе ВЖД-Обводной и прилегающих к нему дренах разного порядка на старой зоне орошения Шурузякского массива.

Коллектор «ВЖД-Обводной» расположен в Сырдарьинском районе Сырдарьинской области. Трасса коллектора проходит по землям АВП «Малек», «Узбекистан» и «Истиклол». Водосборная площадь расположена в Сырдарьинском и частично Мирзаабадском районах. В Мирзаабадском районе – АВП «Каримов». По природно-климатическому районированию территория относится к центральной зоне полупустынь Средней Азии, поясу светлых сероземов Ц-П-Б. Климат района – резко континентальный со значительными годовыми и суточными колебаниями температур.

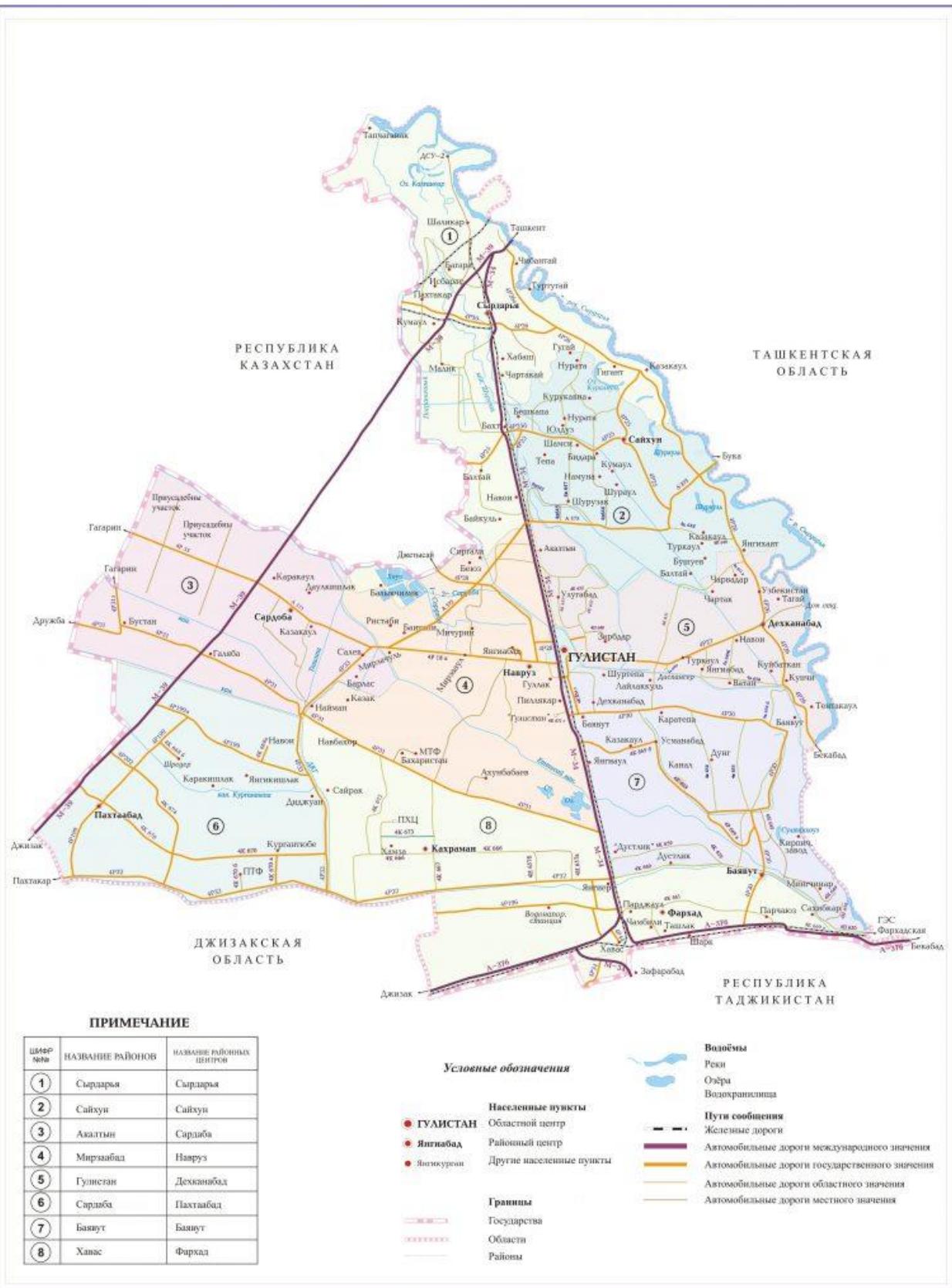


Рис. 2.1.1. Карта Сырдарьинской области

Основные черты климата - это высокие температуры воздуха, незначительное количество осадков и чрезвычайная сухость

воздуха в летний период. Средняя годовая температура воздуха +13,2 °С.

Максимальная среднемесячная температура воздуха наблюдается в июне-июле месяце и составляет +26° +29 °С (абсолютный максимум +42°), минимальная +1°...+2 °С в декабре-январе (абсолютный минимум -19°). Заморозки отмечаются с ноября по апрель. Максимальная глубина промерзания почвы 0,2-0,3 м.

Преобладающими являются ветры северного, северо-западного и западного направлений. Среднегодовая скорость ветра 1,5-1,8 м/сек. Максимальная скорость ветра достигает до 30 м/сек.

Годовое количество осадков составляет 220-290 мм, 80% которых выпадает в зимне-весенний период. Годовая величина испарения с водной поверхности составляет 970-1190 мм. Среднегодовая относительная влажность воздуха составляет 60-64%, а в июне-июле 44-51%.

Высокие температуры воздуха, малое количество осадков, интенсивная ветровая деятельность, низкая влажность воздуха способствуют иссушению почв и воздуха, а также высокой испаряемости. В условиях минерализованных грунтовых вод и близком их залегании (1-2 м) возможно сезонное соленакопление. Ниже приведены среднемесячные климатические данные по многолетним наблюдениям метеостанции «Сырдарья» (табл. 2.1.1).

По многолетним данным метеостанции «Сырдарья» за период с декабря по март выпадает основное количество годового объема осадков, что приводит к подъему уровней грунтовых вод, тем самым влияет на режим работы КДС, усложняя условия работы механизмов для выполнения земляных работ. Самый благоприятный период года для проведения очистки КДС август-октябрь месяцы, из-за незначительных осадков и завершением вегетационных поливов резко снижаются уровни грунтовых вод, соответственно понижается и горизонт воды в КДС.

Значительные амплитуды колебания температуры в сутки (+ в световой день и – ночью) ранней весной приводят к периодическому промерзанию и оттаиванию откосов КДС, расположенных в восточной и южной стороне по течению дренажных вод.

Высокие температуры воздуха в летний период способствуют зарастанию водорослями КДС.

Таблица 2.1.1

Климатические показатели по метеостанции «Сырдарья»
за многолетний период.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднее за год
Среднемесячная и годовая температура воздуха $^{\circ}\text{C}$												
-0,7	0,8	7,6	16,2	21,4	25,8	27,2	24,5	19,5	12,6	5,9	0,6	+13,61
Среднемесячная и годовая относительная влажность, %												
80	77	70	66	55	47	51	55	58	61	74	80	64
Среднемесячное и годовое количество осадков, мм												
43,9	28,5	56,4	44,7	22,1	1,4	0,9	0,4	3,3	24,2	18,8	37,7	238,4
Испаряемость по Иванову Н.Н. (с Кф по Молчанову Л.А.), мм												
19	19,6	19,8	91,8	137,2	187,2	190	152	119	67	32	24	1090
Среднемесячная и годовая скорость ветра, м/сек												
2,0	1,8	2,0	2,2	2,0	1,8	1,8	1,6	1,5	1,5	1,6	1,8	1,8

В рельефе выделяются проллювиальные равнины конусов выноса и возвышенная равнина, которая с юго-востока на северо-запад пересекается крупными понижениями: Джетисайским, Сардобинским, Карайским, Шурузякским и более мелкими.

Земли Сырдаринского и Мирзаабадского районов находятся в западной части старой зоны Голодной степи. В геоморфологическом отношении они расположены на поверхности I-ой, II-ой, III-ей надпойменных террас р. Сырдарьи и Шурузякского понижения.

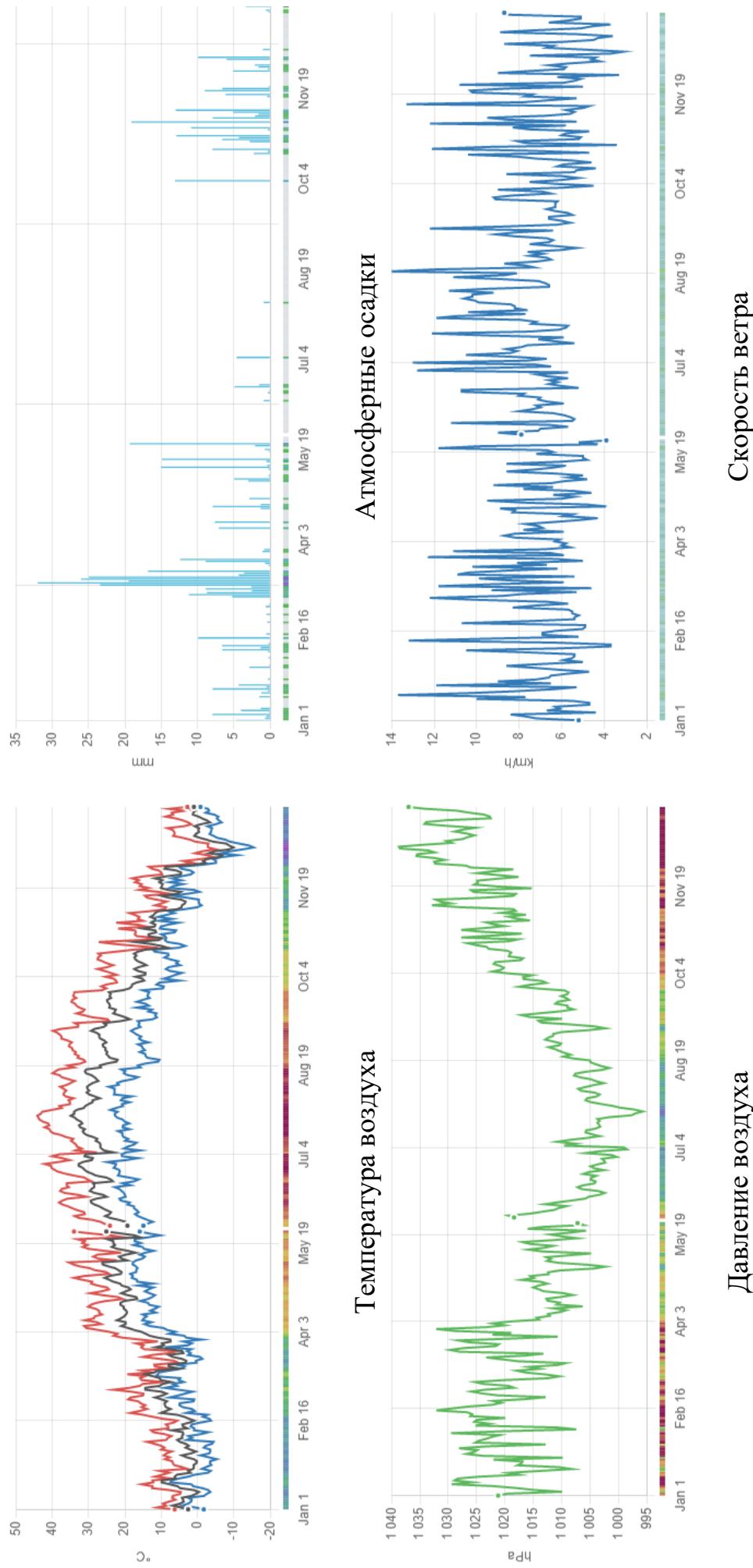
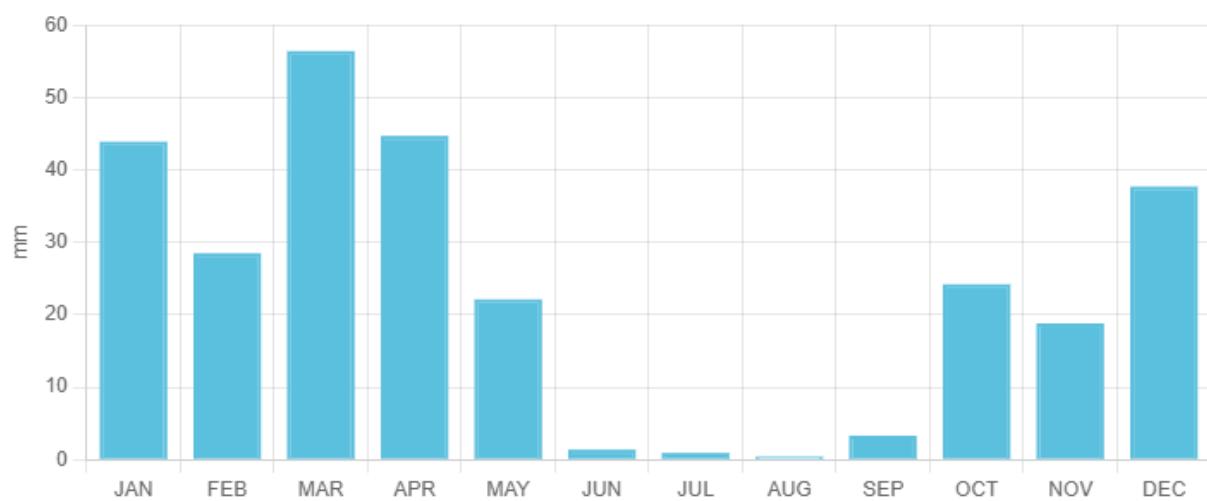
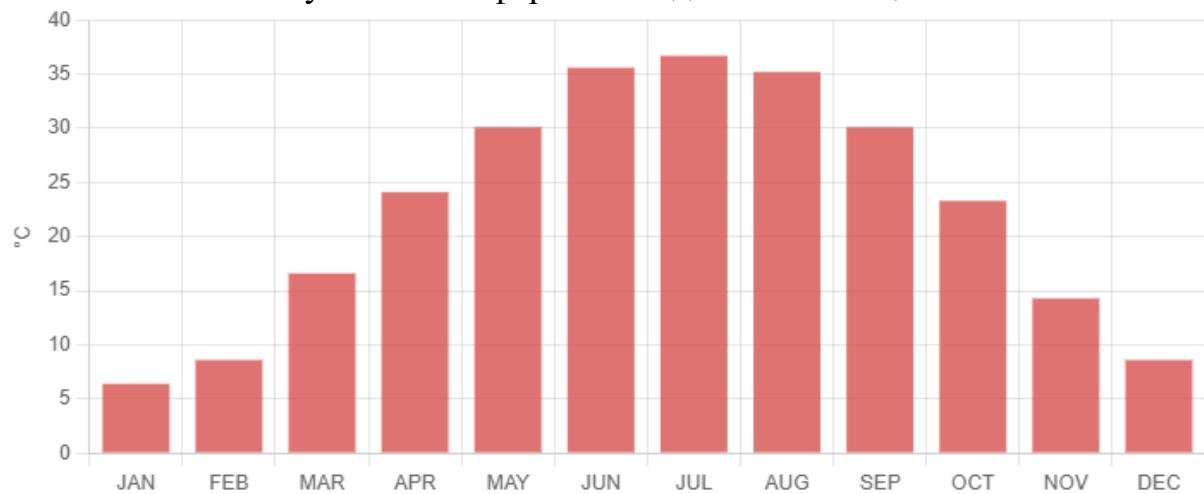


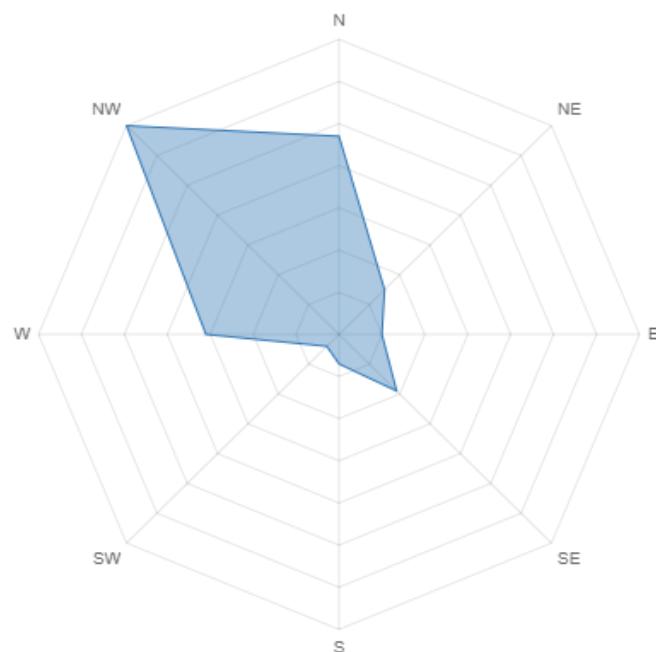
Рис. 2.1.2. Климатические показатели по метеостанции «Сырдарья»



Сумма атмосферных осадков по месяцам



Среднемесячные максимальные температуры



Направление ветра

Рис. 2.1.3. Климатические показатели по метеостанции «Сырдарья»

Рельеф местности представляет собой относительно ровную поверхность, изрезанную оросительной и коллекторной сетью с общим уклоном 0,0003–0,0004, направленным на северо-запад. Абсолютные отметки изменяются в пределах 263,50 м до 269,60 м.

Голодностепская межгорная равнина представляет собой сложную тектоническую впадину в палеозойской зоне заполненную меловыми палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными отложениями. Основной интерес представляют четвертичные отложения и неогеновые, являющиеся региональным водоупором.

1. Ташкентский (среднечетвертичный) комплекс откладывался в виде аллювиальных отложений р. Сырдарьи. Отложения Ташкентского комплекса вскрываются на глубине 20-40 м и на юге и до 80-100 м на севере района. Представлены они, в основном, супесями и суглинками с прослойками и линзами песков, реже чередованием галечника и суглинка. В пределах Джетысайского, Сардобинского и Карайского понижений Ташкентский комплекс предоставлен аллювием р. Сырдарьи и ее правобережных притоков. Это, в основном, галечники, гравий и разнозернистые пески, содержащие прослойки суглинка и гравия.

2. Голодностепский (верхнечетвертичный) комплекс отложений представлен, в основном, лессовидными супесями, реже суглинками с прослойками песков и галечников. Мощность этого комплекса от 5-10 до 80 и более метров.

В пределах третьей террасы, а также на участках Джетысая, Сардобы, Карайского понижений Голодностепский комплекс представлен лессовидными супесями с прослойками тонкозернистых песков и суглинков. В пределах третьей проллювиальной террасы и Шурузякского понижения комплекс представлен суглинками мощностью 20-30 м, ниже вскрываются пески, гравий, галечники с редкими прослойками глины.

3. Сырдарьинский (современный) комплекс отложений занимает ограниченную площадь и приурочен к первой, частично ко второй террасе р. Сырдарьи. Представлен переслаивающимися

аллювиальными галечниками, песками и супесями. Максимальная мощность их не превышает 30 м.

Преобладающей формой рельефа являются равнины: пролювиального-аллювиального, аллювиального генезиса.

1. Третья терраса р. Сырдарьи имеет небольшое развитие. Третью террасу обычно разделяют на две части: южную пролювиально-аллювиальную равнину и северную аллювиально-пролювиальную равнину. Границами между ними являются крупные вытянутые понижения Джетысая, Сардобы и Кара-Карой.

а) пролювиально-аллювиальная равнина имеет общий уклон с юга на север величиной 0,0005-0,0008. Абсолютные отметки поверхности земли изменяются от 297 м к югу до 255 м в северо-западной части, южная часть характеризуется холмисто-буристым рельефом. С поверхностями представлено супесями, мощностью 3-10 м, ниже залегают суглинки и прослой песков. Северная часть имеет равнинный рельеф, местами нарушается слабым всхолмлением. Верхняя часть поверхности представлена супесями и суглинками значительной мощности.

б) аллювиально-пролювиальная равнина с поверхности имеет равнинный характер с общим уклоном на северо-запад. В юго-восточной части представлена суглинками 16-30 и более метров, ниже которых залегают пески и галечники. К северо-западу мощность суглинков увеличивается до 30-45 м.

2. Крупные вытянутые руслообразные понижения протягиваются с юго-востока на северо-запад, между пролювиально-аллювиальной и аллювиально-пролювиальной частями третьей террасы р. Сырдарьи.

а) Джетысай-Сардобинское понижение.

Джетысайское понижение имеет ширину 10-14 км и длину более 45 км, южный склон его более пологий (0,002-0,007), чем северный (уклон около 0,09). Сардобинская впадина имеет круглую форму диаметром 16-18 км. В литологическом строении Джетысай-Сардобинского понижения представлены супеси мощностью 2-3 м, ниже залегают суглинки с редким включением гальки и гравия.

б) Кара-Карайское понижение расположено северо-западнее Сардобинского понижения и рельеф его поверхности равный со слабо заметными понижениями. Представлено супесями мощностью 10-20 м, которые подстилаются суглинками с прослойками песков.

3. Вторая аллювиальная терраса р. Сырдарьи по морфологическому строению делится на равнинную поверхность собственно II террасы и Шурузякское понижение.

а) поверхностью II террасы занимает большую часть и прослеживается узкой полосой вдоль озерной террасы. Представлена суглинками и супесями мощностью 1-3 до 3-5 м, которые подстилаются разнозернистыми песками.

б) Шурузякское понижение расположено гипсометрически по поверхности II террасы р. Сырдарья и вытянуто с юго-востока на северо-запад. Ширина понижения от 2 до 13 км. Общая протяженность около 60 км. С поверхности сложено супесями и суглинками мощностью 15-30 м с прослойками глин, которые подстилаются разнозернистыми песками и галечниками.

4. Первая (озерная) терраса р. Сырдарьи, в основном, ровная с уклоном к северо-западу. Отделяется от II террасы ясно выраженным уступом. Ширина первой террасы в южной и центральной части от 2 до 4 км, к северу расширяется до 6-18 км. В литологическом строении первой террасы участвуют с поверхности суглинки, реже супеси мощностью от 1 до 5-10 м. Ниже их подстилают пески и галечник.

Литологическое строение объекта исследований характеризуется мелкозёмами, мощностью до 30 м. Ниже залегают пески и гравийно-галечниковые отложения с линзами суглинков и супесей. Мощность этих отложений более 100 м.

Супеси преимущественно залегают с поверхности. Мощность их более 10 м. Суглинки имеют незначительное распространение в виде прослоев и линз. В гидрогеологическом отношении рассматриваемый район относится к Ташкентскому артезианскому

бассейну. Гидрogeологические условия района определяются особенностями геоморфологического и геологического строения, климатом и орошением. Наиболее широкое площадное распространение в пределах территорий имеют грунтовые воды.

Таблица 2.1.2

Гранулометрический состав, водно-физические и механические свойства грунтов

№	Показатели	Супеси	Суглинки
1.	Гранулометрический состав, мм	Содержание, %	
	0,5 - 0,25	1,5	1,1
	0,25 – 0,10	2,7	2,0
	0,10 - 0,05	15,7	13,8
	0,05 – 0,01	40,0	33,8
	0,01 – 0,005	26,5	29,0
	0,005	13,6	20,3
	Свойства	Значения параметров	
2.	Влажность на пределе текучести	28%	30%
3.	Влажность на пределе раскатывания	22%	20%
4.	Число пластичности	6%	10%
5.	Плотность частиц грунта	2,69 т/м ³	2,69 т/м ³
6.	Плотность грунта в естественном состоянии	1,74 т/м ³	1,82 т/м ³
7.	Плотность скелета грунта	1,43 т/м ³	1,50 т/м ³
8.	Сцепление грунта	0,02-0,08 кг/см ²	0,09-012 кг/см ²
9.	Коэффициент внутреннего трения	0,43-0,52	0,47-0,64
10.	Угол внутреннего трения	23 ⁰ 16'-28 ⁰ 22'	25 ⁰ 10'-32 ⁰ 40'

Напорные воды имеют развитие в пределах первой и второй террасы р. Сырдарьи в четвертичном отложении. Обусловлено это тем, что указанная территория представляет собой периферийную часть конуса выноса р. Ахангаран, где происходит за счет притока воды с северо-востока по отложениям погребенных долин рек Чирчика и Ахангаран. Коэффициент фильтрации пород для галечников и гравия 25-50 м/сут., для песков – 10-15 м/сут. Воды, в основном, пресные.

Грунтовые воды имеют повсеместное распространение и приурочены к толще аллювиальных, аллювиально-пролювиальных, пролювиально-аллювиальных отложений верхнечетвертичного и современного возрастов. Поток грунтовых вод в пределах территории направлен веером вдоль долины р. Сырдарьи от предгорий Туркестанского хребта. Отток грунтовых вод происходит в северо-западном направлении в сторону Казахстана, часть потока дренируется руслом р. Сырдарьи. Естественная дренированность района весьма слабая.

Водовмещение породы представлено суглинками, супесями, песками. Источником питания грунтовых вод являются: подземный приток, инфильтрация атмосферных осадков и оросительные воды. Расходуются они на подземный отток, испарение и дренажный сток. Глубина залегания УГВ зависит от литологического строения водосодержащих пород, геоморфологических и водохозяйственных условий и залегают на глубине от 1,5-2,0 до 3-4 метров.

Водопроницаемость грунтов характеризуется следующими коэффициентами фильтрации:

- супесь – 0,5 м/сут;
- суглинки – 0,2 м/сут;
- пески с включением гравия – 10-12,0 м/сут;
- гравийно-галечники – 15-20 м/сут.

Слабоминерализованные грунтовые воды с плотным остатком 1-3 г/л распространены в пределах I-й, реже II-й террасы р. Сырдарьи.

В пределах Шурузякского понижения Баяутского массива грунтовые воды характеризуются плотным остатком 3-5 г/л, реже 5-10 г/л. В пределах Джетысайского, Сардобинского, Карайского понижений степень минерализации грунтовых вод очень пестрая и варьируется в пределах 5-10 г/л до 10-20 г/л и более. Тип минерализации сульфатно-хлоридный и хлоридно-сульфатный.

Согласно инженерно-мелиоративного районирования Узсувлойиха приток подземных вод на III террасе р. Сырдарьи

составляет 0,0135 л/сек/га, отток – 0,00073 л/сек/га, разница - +0,013 л/сек/га.

В пределах развития напорных вод I, II террас приток с нижних горизонтов составляет 0,011 л/сек/га, дренирование реки – 0,0139 л/сек/га, разница – 0,003 л/сек/га. На I, II террасах вне зоны развития напорных вод приток составляет 0,0008 л/сек/га, дренирование реки – 0,050 л/сек/га, разница – 0,049 л/сек/га [65; 5-8-с.].

Основными источниками питания грунтовых вод являются: инфильтрационные потери из оросительных каналов и с полей орошения; притоки со стороны; в незначительной степени атмосферные осадки. Расходятся грунтовые воды, в основном, на испарение и транспирацию и отводятся дренажным стоком.

Грунтовые воды в период вегетации залегают на глубине 1,2-3,0 м.

Режим грунтовых вод – ирригационный, осложнённый напорными подземными водами в подстилающих гравийно-песчанных и гравийно-галечниковых отложениях. Наиболее высокое положение УГВ наблюдается:

- в январе-феврале, обусловлено промывкой земель и атмосферными осадками;
- летом - связано с вегетационными поливами.

Наиболее низкое положение УГВ наблюдается в ноябре – декабре. Годовая амплитуда колебания УГВ 0,8-1,5 м.

По химическому составу грунтовые воды, в основном, сульфатные, натриевые, реже кальциевые. Плотный остаток изменяется в пределах 1-3 до 5-10 г/л.

В рассматриваемой территории в почвообразовательном процессе преобладают почвы переходного ряда (полугидроморфные) и гидроморфного ряда.

Почвы полугидроморфного ряда: сероземно-луговые рассматриваются как переходные от сероземов к луговым, образуются при вторичном подъеме грунтовых вод в результате орошения или ухудшения условий подземного стока. Формируются

на аллювии большей частью облесованном. Развитие сероземно-луговых почв в условиях Голодной степи находится в тесной связи с геоморфологическими условиями. Преимущественно распространение они получили на территории конуса выноса Джетысайского и Сардобинского понижения.

По механическому составу преимущественно тяжело и среднесуглинистые, встречаются легкосуглинистые и супесчаные грунты.

Гумусность низкая, содержание его в слое 0-50 см колеблется от 0,63-1,018%. Причиной низкого содержания гумуса в данных почвах являются результаты срезок при планировках и его быстрая минерализация. По степени засоления преобладают слабо, средне и сильнозасоленные.

Почвы гидроморфного ряда: луговые почвы получили широкое распространение на территории поймы I, II, III надпойменные террас р. Сырдарьи. Формирование этих почв происходит в условиях интенсивного грунтового увлажнения, отчетливое проявление лугового процесса наблюдается обычно при залегании грунтовых вод на глубине 1-2 м и менее 2-3 м в зависимости от характера грунтов, в первую очередь от их капиллярных свойств. Почвообразующими породами служат слоистые аллювиально-пролювиальные отложения.

Почвы характеризуются обычно суглинистыми, реже глинистыми механическими составами верхних горизонтов однотонной серой краски профиля. Содержание гумуса в верхних горизонтах бывает высокое, но под влиянием орошения обедняются перегноем.

По степени освоенности, в основном, орошаемые. В результате ежегодных промывок земли слабозасоленные и промытые.

По содержанию гумуса почвы относятся к ряду «низкообеспеченных».

Несмотря на то, что преобладают незасоленные и слабозасоленные земли, учитывая минерализацию грунтовых вод

от 2,0-5,0 г/л до 5,0-10,0 г/л, а также их близкое залегание, отмечается сезонное соленакопление. Этот процесс усугубляется повышенной минерализацией оросительных вод. Минерализация речной воды резко возросла после перехода Токтогульского водохранилища с ирригационно-энергетического режима работы на энергетический. Во избежание вторичного засоления УГВ необходимо поддерживать ниже критических глубин.

Засоление связано со слабой сточностью грунтовых вод в слоистых песчано-мелкозернистых грунтах при малых уклонах местности и большом испарении с поверхности почв.

По природно-климатическим условиям вся рассматриваемая территория относится к центральной широтной зоне пустынь Средней Азии, поясу светлых сероземов Ц-П-Б.

По гидрогеологическим особенностям их следует отнести к следующим областям:

“б” – подпора и выклинивания грунтовых вод в условиях интенсивного водообмена (пойма и 2-ая надпойменная терраса);

“б Г” - подпора и выклинивания в условиях затрудненного водообмена (III надпойменная терраса и периферийные части слившихся конусов выноса Туркестанского хребта);

“в” – затрудненного общего оттока грунтовых вод с глубиной залегания и режима, зависящего от местных условий (II надпойменная терраса и Шурузякского понижения).

Режимы грунтовых вод на террасах тесно связаны с величинами напоров подземных вод.

Расчеты по режиму орошения и дренажа приняты по гидрогеологической области «в».

Гидротехнический режим предполагает удерживать грунтовые воды в диапазоне 2-3 м, при критической глубине 3,0 м.

§2.2. Объект исследований

Объектом исследования является коллектор ВЖД Сырдарынского района, части земель Мирзаабадского района, а также Республики Казахстан

Коллектор ВЖД (старое русло) имеет протяженность 14,1 км. Общая площадь находящаяся в зоне влияния коллектора ВЖД, составляет 12,6 тыс.га, в том числе орошаемая - 10,54 тыс.га. Водоприемником ВЖД является магистральный коллектор “Шурузяк”. (Рис.2.1)

Общая глубина коллектора ВЖД (старое русло) 3-5 м, ширина русла по верху - от 18 до 28 м, глубина воды в русле 1,3-1,5 м. Ширина по урезу воды 10-14 м. Максимальный среднемесячный расход достигает 4,5 м³/сек.

Левый борт (со стороны орошаемых полей) почти на всей протяжённости постоянно оплывающий. Обрушение откосов происходит из-за грунтовых вод, которые залегают близко к дневной поверхности на глубине 1,5-2,0 м и поверхностных сбросов воды со стороны орошаемых полей. Границы полей расположены слишком близко к бровке коллектора, что не соответствуют размерам охранной зоны коллектора, величина которой составляет 50 м.

Правый борт коллектора устоявшийся, существующие откосы имеют заложение от 1,5 до 2,5. Местами бровка коллектора находится на расстоянии 3-х метров от края дороги.

Ввиду слабых уклонов и малых скоростей воды, берега коллектора интенсивно застают камышом и рогозом.

Коллектор ВЖД (старое русло) имеет следующие основные вводы: ВЖД -1, ВЖД-3, ВЖД-5, ВЖД-7 и ВЖД-9.

Коллектор ВЖД (старое русло), в целом, имеет недостаточную глубину. В результате все вводы в подтопленном состоянии. Отток воды по коллектору затруднён ещё и вследствие того, что его устьевая часть проходит в черте города Бахт, где местами мехочистка практически не представляется возможной. Берега коллектора плотно застроены жилыми и вспомогательными строениями, в связи с чем, нет возможности углубления и уширения коллектора.

Мелиоративное состояние орошаемых земель на рассматриваемой территории в последние годы заметно

ухудшается. В пик вегетации и во время промывок уровни грунтовых вод повышаются до недопустимых пределов. Коллекторно-дренажная сеть не справляется с отводом дренажных вод. Это объясняется недостаточной мощностью горизонтального дренажа, его недостаточной глубиной и неудовлетворительным техническим состоянием. В 1990 году на водосборной площади коллектора ВЖД было 102 скважины вертикального дренажа, сейчас 61 шт., из них в рабочем состоянии 52 шт. (рис. 2.2.1).

Обеспечение нормального отвода дренажно-бросовых вод со всей системы ВЖД возможно при условии понижения уровня воды в русле в среднем на 1,5 м, что не представляется возможным по причинам указанным выше.

Объектом исследований принят коллектор ВЖД-Обводной. В зону влияния коллектора вошли земли Сырдарынского и Мирзаабадского районов, а также Республики Казахстан, расположенные с правой стороны канала Малек. Общая площадь в зоне влияния коллектора ВЖД-Обводной составляет 10,54 тыс. га (табл. 2.2.1). Водоприемником коллектора ВЖД-Обводной является магистральный коллектор Шурузяк. Ранее отвод коллекторно-дренажных вод с рассматриваемой территории осуществлялся межхозяйственным коллектором ВЖД, проходящим вдоль магистральной автодороги Ташкент-Бухара. Коллектор ВЖД не обеспечивал нормального отвода дренажно-бросовых вод. Одной из причин было то, что концевой участок трассы коллектора ВЖД проходит по территории г. Бахт, где его берега плотно застроены жилыми и вспомогательными строениями, что не даёт возможности углубления и уширения русла коллектора.

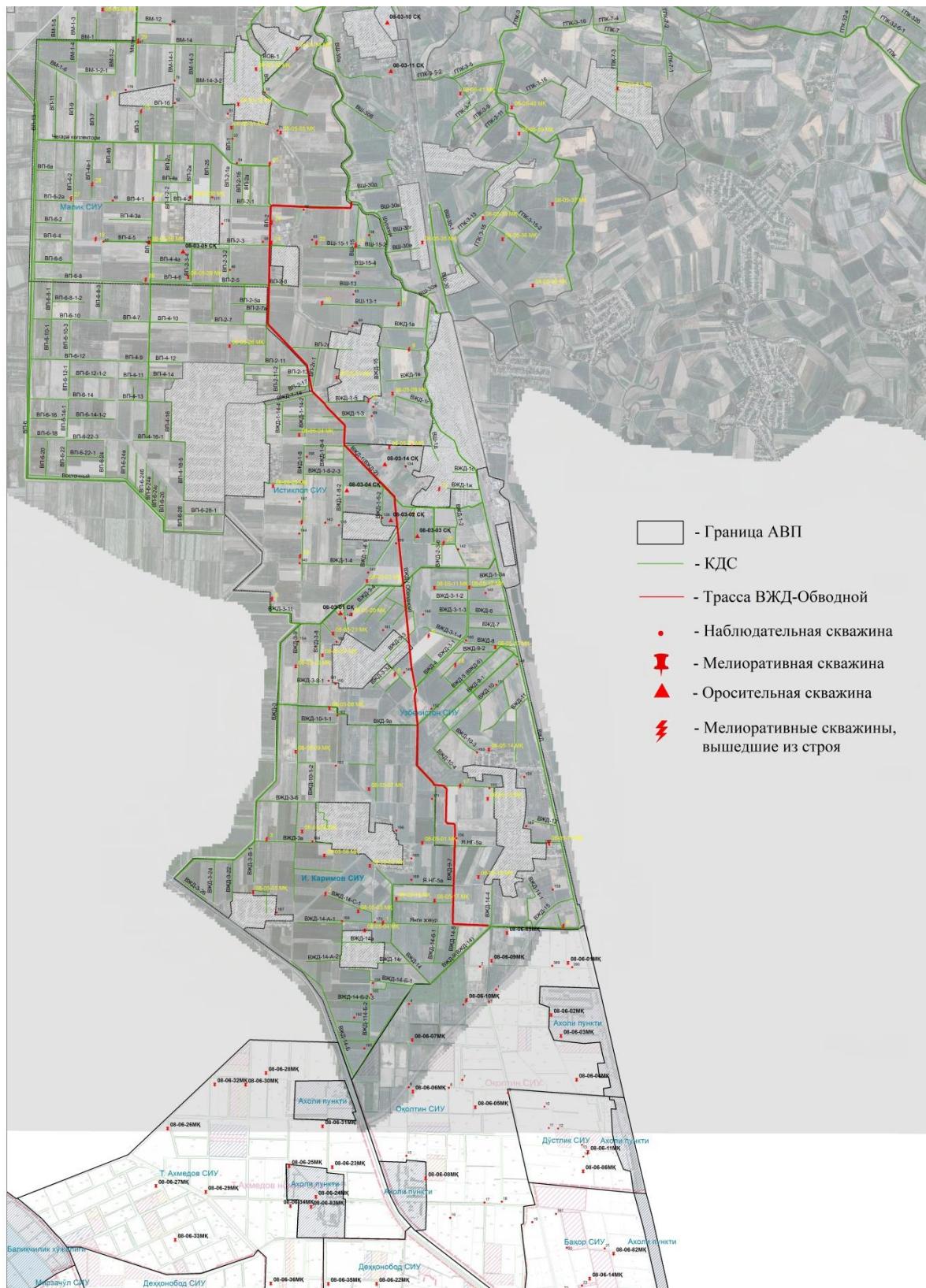


Рис. 2.2.1. Зона влияния и существующие скважины на водосборной площади коллектора ВЖД-Обводной

Существующий автодорожный мост в центре города создает значительный подпор воды. Многочисленные попытки реконструкции коллектора ВЖД остались безуспешными. В связи с этим было принято решение о строительстве коллектора ВЖД-Обводной в обход г. Бахт. Протяжённость обводного русла коллектора составляет – 19,75 км.

Таблица 2.2.1

Водосборная площадь коллектора ВЖД-Обводной

№ п/п	Наименование районов и хозяйств	Площадь,га	
		общая	орошаемая
	Сырдарынский район		
1	х-во“ Янги хаёт”	1915	1596
2	х-во“ Малек”	2074	1728
		1205	1002
3	х-во“ Истиклол”	1372	1153
4	х-во“ Узбекистан”	902	878
5	х-во им. И.Каримова	2173	1930
	Итого по району	9641	8287
	Мирзаабадский район		
6	х-во“ Ок-алтын”	2495	2136
7	х-во“ Дустлик”	2050	1913
	Итого по району	4545	4049
8	Госхоз Бахор	1557	1557
9	Республика Казахстан	1375	1100
	ВСЕГО	17118	14993
	В т. ч. по ВЖД-Обводной		11669
	Всего с учётом отчуждений		10540

Трасса коллектора ВЖД-Обводной проложена в обход города Бахт и перенесена от Большого Узбекского тракта (БУТ) частично по существующим коллекторам. Трасса коллектора от ПК 0 до ПК18+13 проходит по существующему руслу коллектора Пограничный. Далее от ПК18+13 до ПК 61 проходит по существующему руслу коллектора «ВП-2» - основного ввода коллектора Пограничный. Участок трассы коллектора «ВЖД-

Обводной» от ПК 61 до ПК 62 проходил по целине и пересекал канал Малек (рис. 2.2.2).

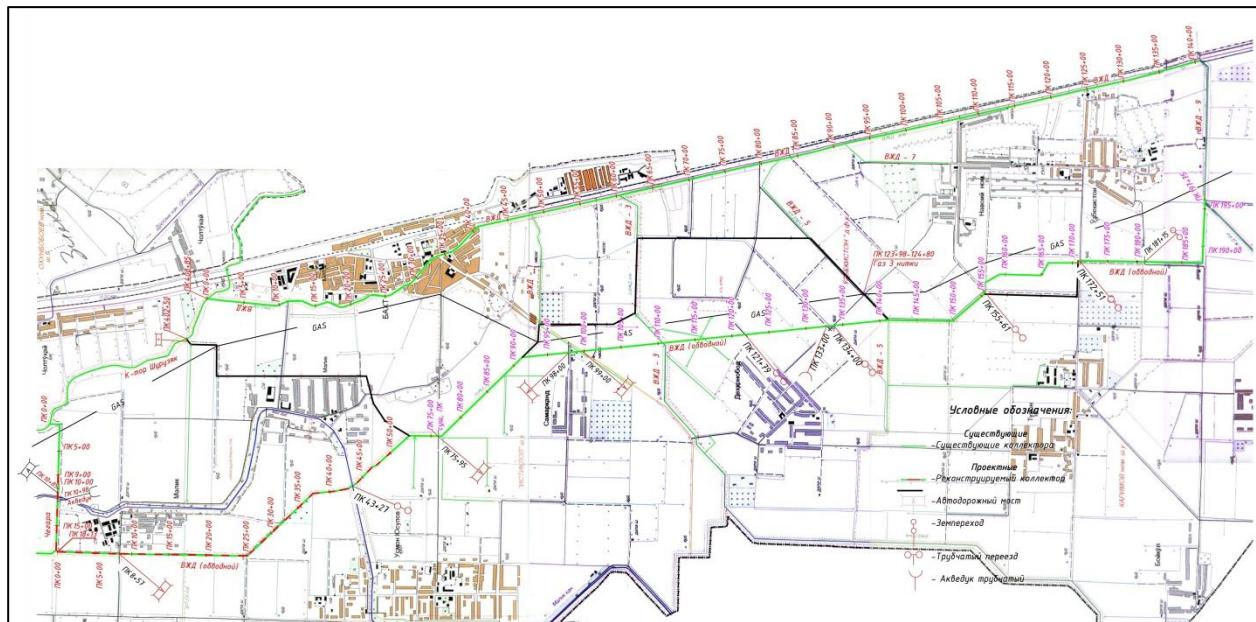


Рис.2.2.2. Ситуационный план трассы коллектора ВЖД и обводного русла ВЖД-Обводной

От ПК 62 до ПК 91+70 трасса коллектора проходила по существующему руслу коллектора ВЖД-1. Далее от ПК 91+70 до ПК 141+00 - опять по целине. На ПК141 трасса коллектора подключается к существующему руслу коллектора ВЖД-7 и до ПК 158+0 проходит по его существующему руслу. От ПК 158 до ПК 173+0 трасса опять проходила по целине, и далее до самого конца (ПК 197+75) по существующему руслу коллектора «Пограничный».

По трассе коллектора ВЖД-Обводной, протяжённостью 19,75 км построено большое количество сооружений на пересечениях и вводах.

Коллектор «ВЖД-Обводной» является одним из основных межхозяйственных коллекторов в системе магистрального коллектора «Шурузяк».

Коллектор Шурузяк был построен в 1912-1915 годах. Глубина коллектора была небольшая – 1,5-2,0 м. По мере освоения новых земель коллектор неоднократно реконструировался. По съёмке 1926 года его глубина составляла 1,5-4,0 м. В 1957 году, после очередной реконструкции, средняя глубина коллектора достигла

4,5 м, в верхней части 2,0-3,5 м, в нижней – 5-8 м. В 1970 году его глубина была доведена до 2,5 – 9,0 м. Общая протяжённость КДС системы составила 1033,9 км.

Заглубление коллекторов и дрен производилось постепенно. Выполнить реконструкцию с заглублением сразу до необходимых глубин было не возможно, так как грунты верхних покровных мелкозёмов на Шурузякском массиве по своим водно-физическим свойствам близки к плавунным грунтам. При превышении градиента напора определённой величины, откосы коллекторов и дрен начинают оплывать, вызывая деформацию и заплывание русла. В связи с этим русло коллектора Шурузяк при очередной реконструкции заглублялось приблизительно на 1,0 м. Затем заглублялась вся коллекторно-дренажная сеть. В результате уровни грунтовых вод понижались – создавались условия для следующей реконструкции.

К середине 1960-х годов строительство коллекторно-дренажной сети по расчётной протяжённости было почти завершено. Однако достигнуть расчётной глубины коллекторов и дрен в сложных гидрогеологических условиях старой зоны орошения Голодной степи при напорных подземных водах в подстилающих слоях и неустойчивости откосов оказалось весьма сложным, а в отдельных местах практически невозможным. Возникла необходимость в поиске других путей решения проблемы борьбы с вторичным засолением земель. В результате многолетних исследований научных и проектных институтов были сделаны следующие выводы:

1. Построенная коллекторно-дренажная сеть дала положительный эффект по рассолению почво-грунтов и опреснению грунтовых вод. Однако глобального рассоления земель не произошло.
2. Для дальнейшего рассоления земель необходимо снять напорность подземных вод.

3. Горизонтальный дренаж может лишь в незначительной степени ослабить напорность подземных вод, но снять её полностью не может.

4. Напорность подземных вод усиливает опливание откосов открытых коллекторов и дрен.

5. Окончательное решение проблемы может быть достигнуто при совместной работе вертикального и горизонтального дренажей. Вертикальный дренаж должен полностью снять напорность подземных вод, а горизонтальный дренаж обеспечить снижение уровней грунтовых вод.

В 1964 г. институтом Узгипроводхоз была составлена схема развития вертикального дренажа в зоне старого орошения. На Шурузякском массиве было предусмотрено построить 212 скважин.

Строительство вертикального дренажа и его совместная работа с горизонтальным дренажём обеспечили условия для рассоления орошаемых земель, опреснения грунтовых вод и стабилизации работы горизонтального дренажа. На Шурузякском массиве фактически было построено 315 скважин вертикального дренажа. К середине 1980-х годов мелиоративное состояние земель в значительной степени улучшилось. Во второй половине 1980-х годов землепользователи начали несанкционированные засыпки открытых дрен в целях увеличения посевных площадей. В 1990-х годах стало уменьшаться количество работающих скважин вертикального дренажа.

Установлено, что основными причинами сложности проведения работ по реконструкции коллектора ВЖД-Обводной следует разделить на две части:

1. Сложные геологические и гидрогеологические условия и свойства грунтов к опливанию при действующих напорах более 0,4-0,5 м.

2. Опливания откосов, заиления и деформации русла, происходящие вследствие нарушений фермерами установленных норм и правил сельскохозяйственного производства в условиях орошаемого земледелия:

- посевы сельскохозяйственных культур вплотную к бровкам коллекторов и дрен;
- превышения поливных норм;
- отсутствие водосборно-сбросных сетей и неорганизованные и рассредоточенные сбросы воды в коллектор и дрены во время поливов и промывок;
- посевы риса на землях с внутрихозяйственными сетями, предназначенными для суходольных культур; дренаж также не рассчитан на увеличенные нагрузки, превышающие расчётные в 2,0-2,5 раза;
- устройство перемычек на коллекторе, создающих подпоры, а при их разборке – деформации и заиление русла.

Имеющийся исторический опыт развития мелиорации в старой зоне орошения Голодной степи, в том числе и на Шурузякском массиве, показал, что заглубление отводящих коллекторов при повышенных уровнях залегания грунтовых вод и без снятия напорности подземных вод, практически невозможен. Одномоментно заглубить отводящий коллектор можно, но через некоторое время русло его вернётся к исходному состоянию. Т.е. к устойчивому состоянию, при котором будет соблюдена разница между глубинами залегания грунтовых вод и уровнями воды в русле коллектора.

§2.2.1 Инженерно-геологические условия объекта и лабораторные исследования качества дренажной воды.

Для определения геоморфолого-литологического строения, геолого-литологических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий почвогрунтов в районе прохождения коллектора ВЖД-Обводной Сырдарынского района Сырдарынской области в 2019 году были проведены инженерно-геологические исследования. Результаты инженерно-геологических исследований коллектора были приведены отделом инженерной геологии и гидрогеологии ОАО «Узсуввойиха».

В ходе лабораторных работ были проведены работы по определению объемного веса и влажности, гранулометрического состава, пределов пластичности почв, а также проведен стандартный анализ водных вытяжек и химический анализ воды.

Для определения гранулометрического состава грунтов слагающих откосы коллекторно-дренажной сети полевые работы по отбору проб грунтов производили на участке от верхнего уровня откоса до горизонта воды (рис. 2.2.3).



Рис. 2.2.3. Отбор проб грунтов для определения гранулометрического состава грунтов откоса коллектора

В результате проведенных исследований в геологолитологическом строении участка работ принимают участие грунты: ИГЭ-1, представленные аллювиальными супесями желтовато-серыми, плотными, маловлажными, влажными и водонасыщенными, твердыми, пластичными, до текучепластичных. В приповерхностном слое - 0,3-0,4 м - с корневыми системами растений. Мощность слоя до 8,0 м и более.

Плотность грунта – 1,79 (1,71-1,87) т/м³;

Плотность грунта в сухом состоянии – 1,49 1,45-1,51 т/м³;

Удельный вес – 2,69 т/м³;

Пористость – 0,446 (0,429-0,462) д.е.;

Коэффициент пористости – 0,806 (0,779-0,827) д.е.;

Влажность – 0,200 (0,176-0,229) д.е.;

Степень влажности – 0,67 (0,57-0,78) д.е.;

Влажность на пределе текучести – 27 %;

Влажность на пределе раскатывания – 21 %;

Число пластичности – 5-7;

Угол внутреннего трения – 27,2-29,2 град;

Удельное сцепление – 0,08-0,09 кг/см²;

Коэффициент внутреннего трения – 0,52;

Коэффициент фильтрации – около 0,30 м/сут;

Подземные воды вскрыты на глубинах 0,38-2,2 м.

Все результаты инженерно-геологических исследований приведены в следующих таблицах (табл. 2.2.2-2.2.5).

Таблица 2.2.2

Результаты определений классификационных показателей и физических характеристик

Выработка	Интервал отбора,	Супесь желтовато-серая, твердая										Степень влажности	
		Плотность частиц,		Плотность грунта		Природная влажность		Пластичность, %		Показат. текучести			
		g	r	w	ω_P	l_P	ω_L	l	l_d	n	ε		
		г/см ³	г/см ³	дол. ед.					г/см ³			д.е.	
1	III-C-2	0,8	2,69	1,71	0,181	27	21	6	<0	1,45	0,462	0,858	
2	III-C-5	1,0	2,69	1,81	0,197	27	22	5	<0	1,51	0,438	0,779	
3	III-C-6	1,0	2,69	1,74	0,176	28	22	6	<0	1,48	0,450	0,818	
4	III-C-6	2,0	2,69	1,81	0,229					1,47	0,453	0,827	
5	III-C-7	0,8	2,69	1,87	0,218	27	22	5	<0	1,54	0,429	0,752	
6	C-1					27	21	6	<0				
7	C-3					28	22	6	<0				
8	C-8					27	22	5	<0				
9	C-9					27	21	6	<0				
	Среднее знач.		2,69	1,79	0,200	27	22	6	<0	1,49	0,446	0,806	
	Ср.кв.откл., σ					0,063						0,67	
	Коэффиц. вар., V					0,035							
	Расчетные значения плотности ρ:												
		для α=0,85				1,82				1,75			
		для α=0,95				1,85				1,72			

Таблица 2.2.3

Гранулометрический состав супесей

Место отбора	Глубина отбора, м	Размеры частиц в мм, содержание фракций в %				
		0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
1	Проба-1	0,0	16,0	43,5	29,5	11,0
	суммарно	100,0	100,0	84,0	40,5	11,0
2	Проба-2	0,0	15,3	45,7	29,5	9,5
	суммарно	100,0	100,0	84,7	39,0	9,5
3	Проба-3	0,0	14,2	47,8	28,0	10,0
	суммарно	100,0	100,0	85,8	38,0	10,0
Среднее		0,0	15,2	45,7	29,0	10,2
	суммарно	100,0	100,0	84,8	39,2	10,2
min		100,0	100,0	84,0	38,0	9,5
max		100,0	100,0	85,8	40,5	11,0

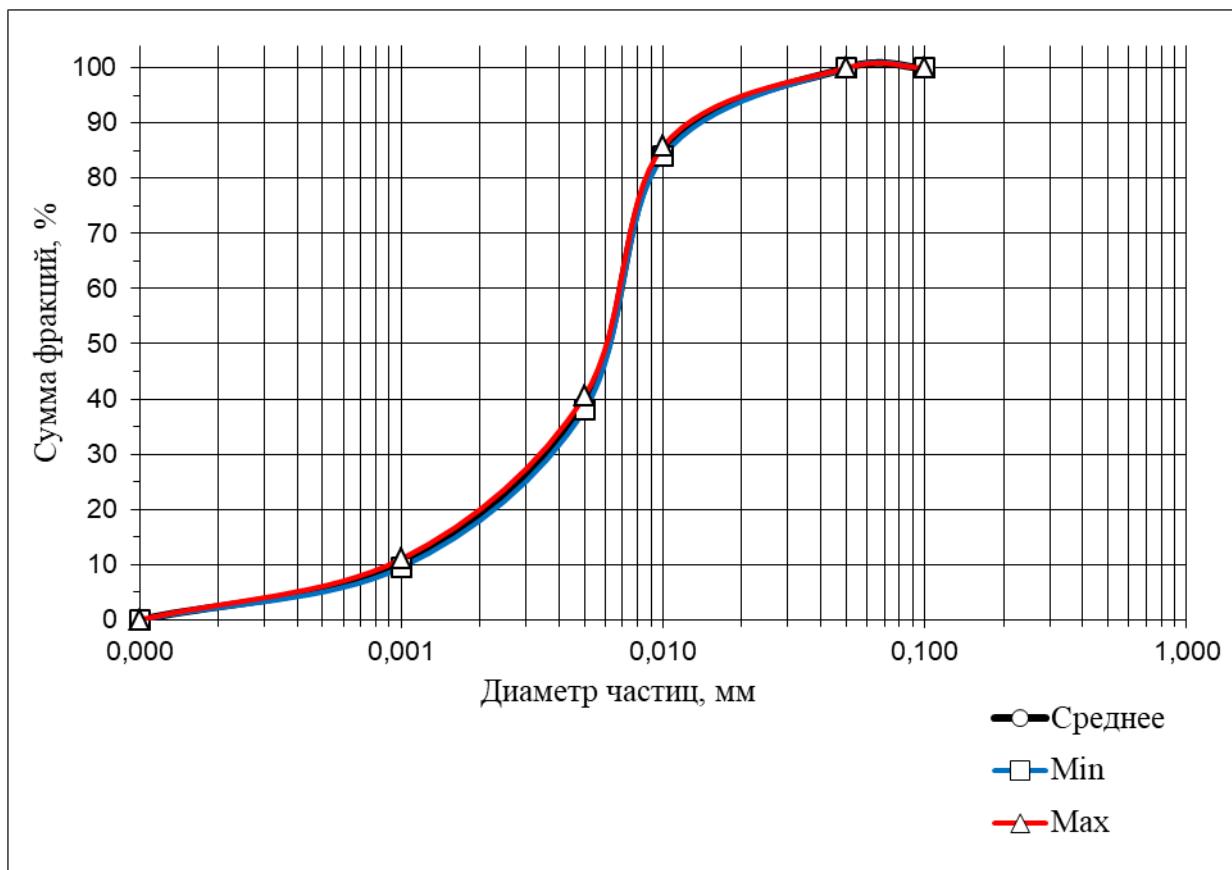


Рис. 2.2.4. Интегральная кривая гранулометрического состава

Таблица 2.2.4

Химический состав подземных вод

Номер выработки	рН	Сухой остаток, мг/л	Ед. изм. опред. вычисл.	Показатели и компоненты химического состава							
				Анионы				Катионы			
				CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	сумма	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺ + K ⁺
III-C-5	7,2	3820,0	3351,0	Мг/л	отс.	322,0	216,0	1920,0	332,0	269,0	292,0
				Мг-ЭКВ/л		5,28	6,09	39,99	51,36	16,57	22,10
				%-ЭКВ		10,28	11,86	77,86	100,0	32,26	43,02
III-C-7	7,4	2960,0	2811,0	Мг/л	отс.	571,0	216,0	1280,0	288,0	204,0	252,0
				Мг-ЭКВ/л		9,36	6,09	26,66	42,11	14,37	16,77
				%-ЭКВ		22,23	14,46	63,31	100,0	34,12	39,82
Среднее				Мг/л	отс.	446,5	216,0	1600,0	310,0	236,5	272,0
				Мг-ЭКВ/л		7,32	6,09	33,33	15,47	19,44	11,84

Подземные воды сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридно-кальциево-натриево-магниевые.

Сухой остаток 3,0-3,8 г/л

Таблица 2.2.5

Химический состав водной вытяжки из грунтов

Номер выработки	рН	Сухой остаток, г/л		E _{Д.} изм.	Показатели и компоненты химического состава						сумма солей г/л	
		опред.	вычисл.		Анионы			Катионы	Fe ³⁺	сумма		
		CO ₃ ²⁻	HCО ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	сумма	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺ +K ⁺	сумма		
III-C-5	7,2	2,046	1,696	%	0,023	0,234	0,960		0,196	0,126	0,157	отс.
III-C-5	7,0	0,782	0,735	%	0,022	0,014	0,490		0,160	0,023	0,026	отс.
среднее	7,1	1,414	1,216	%	0,02	0,12	0,73		0,18	0,07	0,09	отс.

§2.2.2 Лабораторные исследования по определению качества воды

Проведены лабораторные исследования по определению качества воды в коллекторе. Лабораторные анализы проведены в лаборатории «Почвенных исследований и мелиоративных процессов» Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем. Для определения качества коллекторно-дренажной воды по периодам года производился периодический отбор проб воды на выбранных расчетных створах. Отбор проб производился с помощью бутылки, укрепленной на штанге, при помощи специальной обоймы под углом 25 градусов к горизонтали плоскости. Результаты анализа использованы для составления водно-солевого баланса расчетной территории.

Результаты и оценка анализа проб воды приведены в следующих таблицах (табл. 2.2.6 - 2.2.10)

Таблица 2.2.6

Результаты анализа химического состава воды

Код пробы	pH	ECw, dS/m	Плотный остаток, г/л	Содержание растворимых ионов, г/л миллиграмм эквивалент/литр					
				HCO_3'	Cl'	SO_4''	Ca	Mg	Na'
				0,129	0,190	0,942	0,220	0,156	0,075
2	8,2	2,28	2,170	2,116	5,358	19,596	11,000	12,823	3,246
				0,117	0,190	1,016	0,260	0,132	0,105
4	7,9	2,3	2,455	1,919	5,358	21,136	13,000	10,850	4,562
				0,108	0,150	0,798	0,190	0,108	0,097
6	7,9	1,88	1,880	1,771	4,230	16,601	9,500	8,878	4,224
				0,117	0,170	1,111	0,270	0,156	0,080
8	7,9	2,37	2,465	1,919	4,794	23,104	13,500	12,823	3,494
				0,081	0,100	0,465	0,150	0,078	0,000
10	7,9	2,34	2,670	1,328	2,820	9,670	7,500	6,412	0,000
				0,117	0,160	0,613	0,160	0,138	0,000
б/н	7,9	1,89	1,700	1,919	4,512	12,750	8,000	11,344	0,000

Таблица 2.2.7

Расчет гипотетических солей (вероятный состав солей)

Код пробы	Ед.изм	Гипотетический состав солей, г/л							
		Ca(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	Сумма нетоксич. солей	MgSO ₄	NaCl	MgCl ₂	Сумма токсич. солей	Сумма солей
2	г/л	0,172	0,605	0,776	0,772	0,313	-	0,935	1,712
	% содержания соли	10	35	45	45	10		55	100
4	г/л	0,156	0,754	0,910	0,605	0,267	0,038	0,910	1,820
	% содержания соли	9	41	50	33	15	2	50	100
6	г/л	0,144	0,526	0,670	0,534	0,247	0,000	0,781	1,451
	% содержания соли	10	36	46	37	17	0	54	100
8	г/л	0,156	0,788	0,944	0,694	0,204	0,062	0,960	1,904
	% содержания соли	8	41	50	36	11	3	50	100
10	г/л	0,108	0,420	0,528	0,216	0,000	0,134	0,351	0,878
	% содержания соли	12	48	60	25	0	15	40	100
6/н	г/л	0,156	0,414	0,570	0,411	0,000	0,215	0,626	1,196
	% содержания соли	13	35	48	34	0	18	52	100

Таблица 2.2.8

Оценка качества воды по общей концентрации и минерализации (зарубежная)

Код пробы	ECw, dS/m	Оценка	Плотный остаток	Оценка	Категории использования
2	2,28	Солоноватая	2,170	Солоноватая	Орошение под контролем
4	2,30	Солоноватая	2,455	Солоноватая	Орошение под контролем
6	1,88	Солоноватая	1,880	Солоноватая	Орошение под контролем
8	2,37	Солоноватая	2,465	Солоноватая	Орошение под контролем
10	2,34	Солоноватая	2,670	Солоноватая	Орошение под контролем
6/н	1,89	Солоноватая	1,700	Солоноватая	Орошение под контролем

Таблица 2.2.9

Оценка качества воды по степени опасности (зарубежная)

Код пробы	SA R	Оценка по классификации Алекина О.А. по принципу преобладающих ионов		Оценка степени опасности по эффектам							
				Засолённости по ЕС		Общее содержание солей, г/л		осолонцеванию		Токсикации растений	
		по анионам	по катионам	dS/m	Степень опасности	Плотный остаток	Степень опасности	SA R	Степень опасности	Cl	Степень опасности
2	0,94	Г-Х-С	Na-Ca-Mg	2,28	Средняя	2,170	Повышенная	< 6	Не опасная	0,190	Средняя
4	1,32	Г-Х-С	Na-Mg-Ca	2,30	Средняя	2,455	Повышенная	< 6	Не опасная	0,190	Средняя
6	1,39	Г-Х-С	Na-Ca-Mg	1,88	Средняя	1,880	Средняя	< 6	Не опасная	0,150	Средняя
8	0,96	Г-Х-С	Na-Ca-Mg	2,37	Средняя	2,465	повышенная	< 6	Не опасная	0,170	Средняя
10	0,00	Г-Х-С	Ca-Mg	2,34	Средняя	2,670	Средняя	< 6	Не опасная	0,100	Не опасная
б/н	0,00	Г-Х-С	Ca-Mg	1,89	Средняя	1,700	Средняя	< 6	Не опасная	0,160	Средняя

Г-Х-С - Гидрокарбонатно-Хлоридно-Сульфатная

$$SAR - \text{показатель процесса осолонцевания } SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

Таблица 2.2.10

Определение жёсткости воды

Код пробы	Ca	Mg	Ca/2	Mg/2	Сумма	Оценка жесткости по Алекину О.А.
	МГ-ЭКВ					
2	11,000	12,823	5,50	6,41	11,9	Очень жесткая
4	13,000	10,850	6,50	5,43	11,9	Очень жесткая
6	9,500	8,878	4,75	4,44	9,2	Очень жесткая
8	13,500	12,823	6,75	6,41	13,2	Очень жесткая
10	7,500	6,412	3,75	3,21	7,0	Жесткая
б/н	8,000	11,344	4,00	5,67	9,7	Очень жесткая

По результатам лабораторных исследований можно сделать следующие выводы:

По показателю pH вода практически не различается, за исключением пробы № 2 которая составляет **7.9**. Она оценивается, как слабощелочная, и не имеет отрицательных свойств по

показателю рН и пригодна для орошения сельскохозяйственных культур.

Пробы воды также мало различаются по значению ЕС, по плотному остатку, хлору и другим ионам: ЕС колеблется в интервале от 1,9 до 2,4 дС/м, минерализация (плотный остаток): от 1,7 до 2,7 г/л, а содержание хлора от 0,10 до 0,19 г/л.

Из расчета гипотетического состава солей следует, что преобладают сульфатные соли-слаборастворимый сульфат кальция 35...48 % от общего содержания солей и токсичный (более растворимый) сульфат магния 25...45 % от общего содержания солей.

В соответствии с западными классификациями, вода характеризуется, как «солоноватая вода», как по общему количеству солей, так и по электропроводности. По показателю опасности осолонцевания почвы (SAR) вода не опасная, а по содержанию хлор-иона (Cl) – вода средне опасная для полива сельхозкультур. За счет повышенной минерализации, эту воду рекомендовано использовать для орошения но, как «орошение под контролем». В воде почти полностью соответствуют друг другу содержание кальция и магния.

Вода оценивается преимущественно как «очень жесткая, кальциевая и магниевая», показатель 9,2...11,9 мг-экв/100гр почвы. Только проба №10 имеет чуть меньшую жесткость-7,0 мг-экв/100 г.

Выводы по второй главе

1. Коллектор «ВЖД-Обводной» расположен в Сырдарыинском районе Сырдарыинской области. Водосборная площадь расположена в Сырдарыинском и частично Мирзаабадском районах, с общей площадью влияния 10,54 тыс. га. По природно-климатическим условиям вся рассматриваемая территория относится к центральной широтной зоне пустынь Средней Азии, поясу светлых сероземов Ц-П-Б.

2. По многолетним данным метеостанции «Сырдарья» за период с декабря по март выпадает основное количество годового объема осадков, что приводит к подъему уровней грунтовых вод, тем самым влияет на режим работы КДС, усложняя условия работы механизмов для выполнения земляных работ.

3. Преобладающей формой рельефа являются равнины: пролювиального-аллювиального, аллювиального генезиса, представляющие собой относительно ровную поверхность, изрезанную оросительной и коллекторной сетью с общим уклоном 0,0003–0,0004, направленным на северо-запад. Абсолютные отметки изменяются в пределах 263,50 м до 269,60 м.

4. Напорность подземных вод усиливает оплыивание откосов открытых коллекторов и дрен. Сложные геологические и гидрогеологические условия и свойства грунтов к оплыvанию при действующих напорах более 0,4-0,5 м, а также оплыvания откосов, заилиения и деформации русла, происходящие вследствие нарушений фермерами установленных норм и правил сельскохозяйственного производства является основными причинами сложности проведения работ по реконструкции коллектора ВЖД-Обводной

5. Для определения геоморфолого-литологического строения, геолого-литологических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий почвогрунтов в 2019 году были проведены инженерно-геологические исследования. В результате проведенных исследований в геолого-литологическом строении участка работ принимают участие грунты: ИГЭ-1, представленные

аллювиальными супесями желтовато-серыми, плотными, маловлажными, влажными и водонасыщенными, твердыми, пластичными, до текучепластичных. В приповерхностном слое - 0,3-0,4 м - с корневыми системами растений. Мощность слоя до 8,0 м и более.

6. Проведенные лабораторные исследования по определению качества воды показали, что ЕС колеблется в интервале от 1,9 до 2,4 dS/m, минерализация (плотный остаток): от 1,7 до 2,7 г/л, а содержание хлора от 0,10 до 0,19 г/л. По показателю опасности осолонцевания почвы (SAR) вода не опасная, а по содержанию хлор-иона (Cl) – вода средне опасная для полива сельхозкультур. За счет повышенной минерализации, эту воду рекомендовано использовать для орошения но, как «орошение под контролем».

ГЛАВА III. МЕТОДЫ РАСЧЁТА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОТКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

§3.1. Общий и частный водно-солевой баланс расчетного участка

Влияние интенсивности отказа и общей работоспособности открытого горизонтального дренажа на мелиоративное состояние орошаемых земель, оптимальная степень дренированности определены методом общих и частных водно-солевых балансов, по методике САНИИРИ – М.А.Якубова, Р.К.Икрамова и др. [83; 5-10-с.].

1. Общий водно-солевой баланс составляется на валовую мелиорируемую площадь:

$$\Delta W = W_K - W_H = O_C + B + \Phi_{MK} + B_{BD} + B_{KDC} + \bar{\Pi} + \underline{\Pi} - \bar{O} - \underline{O} - ET_B - C - \Delta_{\Gamma} - \Delta_B \pm P \quad (3.1.1)$$

$$\Delta C = C_B + C_{\Phi} + C_{BD} + C_{B_{KDC}} + C_{\bar{\Pi}} + C_{\underline{\Pi}} - C_3 - C_2 - C_C - C_{\Delta_{\Gamma}} - C_{\Delta_B} + C_P \quad (3.1.2)$$

2. Водно-солевые балансы зоны аэрации мелиоративной площади составляются по следующим формулам:

$$\Delta W^a = W_H^a - W_K^a = O_C + O_P + B_{BD} + B_{KDC} + (1 - \alpha)\Phi_{BH} - C_n - ET \pm g_I \quad (3.1.3)$$

$$\Delta C^a = C_H^a - C_K^a - C_{op} + C_{B_{\Delta}} + C_{B_{KDC}} + C_{(1-\alpha)\Phi_{BH}} - C_{C_{\Pi}} + C_{g_I} \quad (3.1.4)$$

3. Водно-солевые балансы зоны аэрации орошаемого поля определяются в зависимости от орошаемой площади нетто:

$$\Delta W^a = W_H^a - W_K^a = \frac{1}{\psi}(O_C + O_P + B_{BD} + B_{KDC} + (1 - \alpha)\Phi_{BH} - C_n - ET \pm g_I) \quad (3.1.5)$$

$$\Delta C^a = C_H^a - C_K^a = C_{op} + C_{B_{\Delta}} + C_{KDC} + C_{(1-\alpha)\Phi_{BH}} - C_{C_{\Pi}} \pm C_{g_I} \quad (3.1.6)$$

4. Водно-солевые балансы верхнего слоя грунтовых вод определяются для мониторинга минерализации верхнего уровня грунтовых вод: отток ГВ из верхнего слоя (h_0) в нижний рассчитывается по следующим формулам [39, 23-25-с.]:

а) при подъеме УГВ

$$z = (\alpha \Phi_{B/x} \pm g_I) \left(1 - \frac{\Delta W_{rp}}{\alpha \Phi_{B/x} + \Phi_{MK} + \Phi_{M/x} \pm g_I} \right) \quad (3.1.7)$$

б) при спаде УГВ

$$z = \alpha \Phi_{B/x} \pm g_I \quad (3.1.8)$$

в) при фильтрации $\alpha \Phi_{B/x} < |-g_I|$ $z = 0$ (3.1.9)

Солевой баланс

$$C_H^{PVG} - C_K^{PGV} = C + \Phi_{B/x} \pm C_{g_I} \quad (3.1.10)$$

5. Водно-солевой баланс корнеобитаемой зоны

$$\Delta W^{K3} = O_C + \frac{1}{\psi} (O_P^H - C_{\Pi}) - ET_n \pm g_2 \quad (3.1.11)$$

$$\Delta C^{K3} = C_H^{K3} - C_K^{K3} = C_{op} - C_n \pm C_{g_2} \quad (3.1.12)$$

где $W_H - W_K$ – запас влажности в начале и конце расчетного периода, который рассчитывается по формуле А.И.Енгулатова:

$$W = (4,5n - hA\sqrt[3]{h})10000 \quad (3.1.13)$$

где, $\Delta W, \Delta C$ – общее изменение запаса влаги и солей по границам балансового участка; O_C – осадки атмосферные; B – количество воды, забираемое на границе балансового контура; Φ_{MK} – фильтрационные потери магистральных каналов; B_{vd} – водопотребление на орошение из вертикальных дрен; B_{kdc} – водопотребление на орошение из КДС; \bar{P}, \bar{O} – приток и отток поверхностных вод; $\underline{P}, \underline{O}$ – приток и отток подземных вод; ET_b – эвапотранспирация (испарение и транспирация); C – общий сброс оросительной воды; D_g – поступление грунтовых вод в горизонтальный дренаж; D_v – количество воды откачиваемой при помощи вертикального дренажа; $\pm P$ – водообмен подземных вод между пластами; $C_B, C_F, C_{vd}, C_{kdc}$ – количество солей составляющих водного баланса соответственно; $W_H^a, W_K^a, \Delta W^a, C_H^a, C_K^a, \Delta C^a$ – начальное и конечное поступление воды и солей в зону аэрации, а также их изменение за расчетный отрезок времени; n – пористость; h – глубина грунтовых вод; A – параметр, характеризующий водопроницаемость почвогрунтов (для Голодной степи – 0,11).

$$\Delta W^a = \Delta W - \Delta W_{\text{ГР}}; \Delta W_{\text{ГР}} = Q(h_H - h_K) = Q\Delta h \quad (3.1.14)$$

где, $\Delta W_{\text{ГР}}$ – изменение запасов грунтовых вод; Q – коэффициент водоотдачи; O_p – подача воды на орошаемый участок, нетто:

$$O_p = B - \Pi_{M/X} - \Pi_{B/X}; \Pi_{M/X} = B(1 - \eta_{M/X}); \Pi_{B/X} = B(1 - \eta_{B/X}) \quad (3.1.15)$$

где, $\Pi_{M/X}, \Pi_{B/X}$ – потери воды из межхозяйственного (МХ) и внутрихозяйственного (ВХ) распределителя соответственно; $\eta_{M/X}, \eta_{B/X}$ – КПД МХ и ВХ сети; C_p – концевой сброс оросительной воды с поля; ET_n – эватранспирация с орошаемого поля; g, C_g – приток и отток воды, а также солей в ней между ГВ и зоной аэрации: $\alpha=0,8$ – вода, поступающая из внутрихозяйственной оросительной сети, за счет фильтрации, просачивающаяся на подпитку грунтовых вод; $\Psi = \frac{F_H}{F_B}$ – площади нетто и брутто балансового участка соответственно; g_I, C_{g_I} – приток и отток воды, а также солей в ней между корнеобитаемой зоной и зоной аэрации; z – отток грунтовых вод из поверхностного слоя в нижележащие слои; g_2, C_{g_2} – приток и отток воды, а также солей в ней между корнеобитаемой зоной с нижележащими слоями [25; 22-23-с.].

Определение составляющих водно-солевого баланса расчетного контура.

1. Расчет эватранспирации.

Эватранспирация в невегетационный период рассчитывается при помощи формулы Блейни и Криддла:

$$ET = 0,458 \cdot K_B \cdot P(17,8 + t^0), \text{мм} \quad (3.1.16)$$

где, K_B – коэффициент, принимаемый в зависимости от растительности, в данном случае принимаем $K_B = 0,2$; P – продолжительность светлых часов в расчетном месяце, в процентах от годовой суммы (для ноября – 6,52, января – 6,76, февраля – 6,73 и марта – 8,33); t^0 – среднемесячная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$ [39; 89-90-с.].

Эватранспирацию для хлопчатника определяем по формуле Х.А.Аманова [39; 90-91-с.]:

$$ET_X = 11,64 \beta^4 \sqrt{\frac{\sum t \cdot y \cdot n}{h_{cp}}}, \text{мм} \quad (3.1.17)$$

где, β – коэффициент водопотребления хлопчатника в расчетные месяцы: апрель – 0,31, май – 0,57, июнь – 0,91, июль – 1,54, август – 1,21 (уточнено НИИИВП), сентябрь – 1,21, октябрь – 0,57; $\sum t$ – среднесуточная сумма температур воздуха; y – урожайность хлопчатника, ц/га; n – количество дней в месяце; h_{cp} – среднемесячная глубина грунтовых вод, м [39; 92-93-с.].

Эватранспирация с орошаемого участка балансового контура определяется по следующей формуле:

$$ET = ET_X \cdot K_{cb}; K_{cb} = \frac{K_1 \omega_1 + K_2 \omega_2 + \dots + K_i \omega_i}{\sum \omega_i} \quad (3.1.18)$$

где, K_{cb} – усредненный коэффициент потребления воды сельскохозяйственными культурами; K_1, K_2, K_i – коэффициент потребления воды сельхозкультур по отношению к хлопчатнику; $\omega_1, \omega_2, \omega_i$ – площади, занятые данными сельхозкультурами соответственно [39; 93-с.].

2. Расчет суммарного сброса оросительной воды.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (3.1.19)$$

где, C_1 – сброс и эксплуатационные потери из межхозяйственной оросительной сети, 1%; C_2 – сброс и эксплуатационные потери из внутрихозяйственной оросительной сети, 7%; C_3 – сброс с орошаемых массивов, в зависимости от КПД техники полива, параметров поливных борозд, уклона местности, водопроницаемости грунтов и планировки поля, в Шурузякском массиве принимаем по полевым исследованиям Узсувлойиха 16% от водоподачи [25; 24-25-с.].

3. Расчет поступления грунтовых вод в горизонтальный дренаж.

$$D_g = \frac{\pi \cdot K \cdot n \cdot l_{ud}}{\ln \frac{10000}{l_{ud} \cdot d} - 1} (h_{dp} - h_{cp}), \text{м}^3/\text{га} \quad (3.1.20)$$

где, K – коэффициент фильтрации грунта, м/сут; n – количество дней в месяце; l_{ud} – удельная протяженность КДС, п.м/га; d – диаметр закрытых горизонтальных дрен, для открытого

дренажа $d = 0,5 \cdot b + h$; $h_{\text{др}}$ – глубина залегания дрены, м; $h_{\text{ср}}$ – среднемесячный УГВ, м.

4. Расчет объема откачки вертикальным дренажем.

$$D_{\text{в}} = \frac{n \cdot Q_{\text{ср}} \cdot t \cdot 86,4 \cdot \eta_{\text{свд}}}{F}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (3.1.21)$$

где, n – количество скважин; $Q_{\text{ср}}$ – усредненный расход воды скважины, $\text{м}^3/\text{с}$; t – длительность работы скважины, сут; F – площадь мелиорируемых земель, га; $\eta_{\text{свд}}$ – коэффициент полезной работы системы вертикального дренажа.

$$\eta_{\text{свд}} = \frac{T_{\Phi}}{T_{\text{к}}} \quad (3.1.22)$$

где, T_{Φ} – фактическое время работы, мото/ч;

$$T_{\Phi} = \frac{\mathcal{E}}{N} \quad (3.1.23)$$

\mathcal{E} – расход эл. энергии, кВт;

N – мощность насоса, кВт/час;

$T_{\text{к}}$ – время.

5. Расчет запасов солей в зоне аэрации (C_{H}^{α}), на поверхности ГВ ($C_{\text{H}}^{\text{ПВГ}}$), а также в корнеобитаемой зоне ($C_{\text{H}}^{\text{КЗ}}$).

$$C_{\text{H}} = h \cdot \rho \cdot S \cdot 100 \cdot \varphi, \text{ т/га} \quad (3.1.24)$$

где, h – минимальная глубина УГВ для зоны аэрации, для поверхности грунтовых вод – 1,0 м, для корнеобитаемой зоны – 0,8 м; S – количество солей в почвогрунтах, в % от веса сухой почвы; ρ – объемная масса, $\text{т}/\text{м}^3$, для Голодной степи 1,3-1,4; φ – коэффициент перехода водных вытяжек на исходные расчетные запасы солей, для хлоридных почв – 1,17, хлоридно-сульфатных и сульфатных почв – 1,41 (по П.С.Панину).

§ 3.2. Метод расчёта выноса солей инфильтрационными водами из зоны аэрации

Проблема накопления солей в почвенно-грунтовой среде является одной из ключевых в земледелии, особенно в засушливых и орошаемых районах. Избыточное засоление снижает продуктивность почв, ухудшает качество водных ресурсов и ограничивает их использование в сельском хозяйстве. Для

устойчивого управления земельными и водными ресурсами важно понимать процессы миграции и выноса солей через зону аэрации вглубь почвенного профиля и далее в грунтовые воды.

Инфильтрационные воды, формируемые за счёт атмосферных осадков, оросительных вод или других источников влаги, играют ключевую роль в транспорте растворённых солей. Они проникают вглубь зоны аэрации, унося с собой растворённые вещества. Интенсивность этого процесса зависит от комплекса факторов, включая климатические условия, свойства почвы, рельеф местности и уровень минерализации вод.

Рассмотрим методику расчёта выноса солей основанную на балансовом подходе, которая, в свою очередь, включает количественную оценку инфильтрации, концентрации растворённых веществ и их миграции в нижележащие горизонты. Такие расчёты позволяют оценить влияние природных и антропогенных факторов на солевой баланс почвенно-грунтовой системы, а также разработать меры по оптимизации водопользования и охране земельных ресурсов.

1. Расчет солеобмена в зоне аэрации (C_d^α), на поверхности грунтовых вод (C_z) и корнеобитаемой зоне ($C_{g_2}^{k_3}$): при помощи данной формулы определяется вынос солей инфильтрационными водами из зоны аэрации (-g), поверхности грунтовых вод (-z) и корнеобитаемой зоны (-g₂)

$$C_g = C_H \left(1 - \frac{1}{\frac{K}{\gamma}} \right) \quad (3.2.1)$$

где, γ – постоянная выноса солей, для хлоридных почв – 1,5, хлоридно-сульфатных и сульфатных – 4,25; K – кратность водообмена в зоне аэрации, поверхности грунтовых вод и корнеобитаемой зоне

$$K = \frac{g}{h \cdot m \cdot 10000} \quad (3.2.2)$$

где, g – фильтрационный поток воды из зоны аэрации, поверхности грунтовых вод, корнеобитаемой зоны; h – минимальная глубина грунтовых вод в зоне аэрации, для

поверхности ГВ – 1 м, для корнеобитаемой зоны – 0,8 м; m – активная порозность почвы, принимаем 0,07.

Подпитка зоны аэрации ($+g$)

$$C_g = 0,001 \cdot g \cdot \mu_{\Gamma}^{\text{МГВ}} \quad (3.2.3)$$

где, $\mu_{\Gamma}^{\text{МГВ}}$ – средняя минерализация грунтовых вод за расчетный период, г/л (определяется из водно-солевых балансов поверхностного слоя грунтовых вод).

Определение подпитки корнеобитаемой зоны из нижних слоев капиллярными силами из грунтовых вод ($-g_2$)

$$C_{g_2} = 0,001 \cdot g_2 \cdot \mu_{\text{вт}} \quad (3.2.4)$$

где, $\mu_{\text{вт}}$ – минерализация восходящего тока, г/л.

$$\mu = \frac{S_{\text{Н}}^{\text{ВТ}} \cdot \xi \cdot \rho \cdot 1000}{Q_{\phi} \cdot Q_{\text{мг}}} \quad (3.2.6)$$

где, ξ – переводной коэффициент содержания солей в почве в минерализацию, для хлоридных почв – 0,82, хлоридно-сульфатных и сульфатных – 0,535 (По П.С.Панину); Q_{ϕ} – фактическая влажность почв в % от объема; $Q_{\text{мг}}$ – максимально гигроскопическая влажность в % от объема, для средних грунтов 4-7%; $S_{\text{Н}}^{\text{ВТ}}$ – засоленность почв в зоне подпитки, %.

2. Расчет количества солей в зоне аэрации, поверхности грунтовых вод, корнеобитаемой зоне, в % от веса сухого грунта в конце расчетного периода.

$$S_k = \frac{C}{h \cdot \rho \cdot \varphi \cdot 100} \quad (3.2.7)$$

Для наблюдения за заилиением коллектора и открытых дрен на объекте исследований было выбрано 6 створов по длине коллектора ВЖД-Обводной. На выбранных створах инструментальное наблюдение проводилось перед и после ремонтно-восстановительных работ и повторяли до и после промывных поливов [25; 28-с.].

Для определения объема грунта вымываемой сбросной водой при сбросе поливной воды с поля в КДС, производился отбор проб воды из КДС на местах ниже сброса поливной воды [25; 29-с.].

Для выявления гранулометрического состава грунтов, проведения химического анализа и определения мелиоративного состояния орошаемых земель в зоне влияния коллектора отбор проб грунтов производили лопатой из прикопок, а также при помощи почвенного бура (рис. 3.2.1).





Рис. 3.2.1 Отбор проб грунтов

Для определения изменения коэффициента шероховатости (n) в русле коллектора после ремонтно-восстановительных работ и в зависимости от динамики роста водорослей на расчетных створах произведены гидрометрические работы, т.е. измерен расход воды (Q), площадь живого сечения (w), уклон поверхности (i), уровень воды (h). «n» определяется в зависимости от гидравлического радиуса (R) и коэффициента Шези (C) из таблицы, составленной Г.В.Железняковым [91; 739-743-с.]

$$C = \frac{Q}{w\sqrt{Ri}} \quad (3.2.8)$$

«R» можно принять равным h_{cp}

$$R = h_{cp} = \frac{w}{b} \text{ м} \quad (3.2.9)$$

По результатам расчета водно-солевого баланса расчетного участка по вышеприведенным формулам и уравнениям, подставляя полученные натурные данные по результатам исследований и данные эксплуатационных служб, сводим все результаты в единую таблицу. Расчеты общего водно-солевого баланса, показывают что на балансовой территории при сложившемся режиме орошения и дренажа, уровень грунтовых вод до проведения ремонтно-восстановительных работ составлял 2,30 м, после – 2,46 м, в том

числе, в вегетационный период 2,32 и 2,48 м, в невегетационный период 2,27 и 2,44 м соответственно (табл. 3.2.1).

Таблица 3.2.1

Таблица водно-солевого баланса расчетного участка

Элементы баланса	годовой		вегетация		невегетация	
	м ³ /га	т/га	м ³ /га	т/га	м ³ /га	т/га
<i>Водно-солевой баланс зоны аэрации</i>						
O_c	3240	-	1110	-	2130	-
B_n	3753	4,80	2769	3,54	985	1,26
$(1-\alpha)\Phi_{ex}$	381	0,49	281	0,36	100	0,13
C_n	1126	1,44	831	1,06	295	0,38
ET_n	10776	-	9280	-	1496	-
DW_{a}	4	0,78	-1026	2,87	1030	-2,09
$\pm g^a$	4532	-3,07	4925	27,03	-393	-30,09
ΔC^a	-	0,78	-	2,87	-	-2,09
<i>Водно-солевой баланс корневой системы</i>						
O_c	3240	-	1110	-	2130	-
B_n	3753	4,80	2769	3,54	985	1,26
$(1-\alpha)\Phi_{ex}$	381	0,49	281	0,36	100	0
C_n	1126	1,44	831	1,06	295	0,38
ET_n	10776	-	9280	-	1496	-
DW_{Kc}	0	-	0	-	0	-
$\pm g^{kc}$	4528	-3,68	5952	136,50	-1424	-140,18
ΔC^{kc}	-	0,17	-	1,34	-	-1,17
<i>Общий водно-солевой баланс</i>						
O_c	3240	0	1110	0	2130	0
B	7822	10,01	5770	7,39	2052	2,63
Итого приход	11062	10,0	6880	7,4	4182	2,6
ET	8707	0	7318	0	1388	0
D_c	1255	1,61	926	1,18	329	0,42
C	364	0,84	229	0,57	134	0,27
Q	840	1,7	490	0,98	350	0,70
DW	7	-	-2018	-	2025	-
Итого расход	11165	4,1	8963	2,7	2202	1,4
Баланс	-103	5,9	-2083	4,65	1980	1,24

В приходной части баланса основная доля приходится на водоподачу, которая составила 7822 м³/га и атмосферные осадки – 3240 м³/га. В расходной части наибольшее значение приходится на суммарное испарение – 8707 м³/га, далее дренажный сток – 1255 м³/га и сбросы с оросительных полей – 364 м³/га. Таким образом, имея значения минерализации оросительной воды и воды в коллекторе при $\Delta W=736$ м³/га годовое соленакопление на балансовом участке составило 5,9 т/га – 4,65 т/га в вегетационный и

1,24 т/га в невегетационный периоды. После проведения ремонтно-восстановительных работ КДС показатель ΔW составил $-120 \text{ м}^3/\text{га}$, а благодаря улучшенной дренированности годовой показатель ΔC составил 3,7 т/га – $-2,4 \text{ т/га}$ в вегетационный и $-1,3 \text{ т/га}$ в невегетационный периоды.

Расчеты водно-солевого баланса зоны аэрации и корневой системы показали, что годовой солеобмен в зоне аэрации составил 0,78 т/га, а в корневой системе – 0,17 т/га, в том числе 2,87 и 1,34 т/га в вегетационный период, $-2,09$ и $-1,17 \text{ т/га}$ в невегетационный период соответственно. После проведения ремонтно-восстановительных работ годовой солеобмен между грунтовыми водами и зоной аэрации составил $-0,127 \text{ т/га}$, корневой системы – $-0,028 \text{ т/га}$. Таким образом, можно отметить, что во время орошения происходит подъем солей из грунтовых вод, а в промывной период наблюдается обратное явление.

Расчеты общего водного баланса, которые выполнены для гидрологического года, показывают что на балансовой территории при сложившемся режиме орошения и дренажа, начальный уровень грунтовых вод составил 2,30 м. В приходной части водного баланса основную роль играет водоподача $7822 \text{ м}^3/\text{га}$, атмосферные осадки $3240 \text{ м}^3/\text{га}$ и фильтрация из оросительных каналов $381 \text{ м}^3/\text{га}$. В расходной части основное место занимает суммарное испарение равное $8707 \text{ м}^3/\text{га}$, дренажный сток – $1255 \text{ м}^3/\text{га}$ и сбросы с оросительных полей – $364 \text{ м}^3/\text{га}$.

§3.3. Анализ натурных исследований снижения эксплуатационной надежности работы открытого горизонтального дренажа

По условиям воздействия, факторы, снижающие эксплуатационную надежность работы КДС можно поделить на три основные группы: 1) инженерно-геологические и гидрогеологические, 2) биологические, 3) эксплуатационные.

К первой группе относится – литологическое строение и мехсостав грунтов, воздействие грунтовых вод (в толще, выходы на откос, повышение и понижение уровня, фильтрационное давление),

воздействие омывающей откос воды в коллекторе (донная и боковая эрозия), сейсмические явления, оползни и обвалы.

Ко второй группе относятся – зарастание русла водорослями и камышом.

Основными эксплуатационными факторами являются – сбросы поливной воды, устройство временных перемычек, недостаточная ширина защитных полос, условия производства ремонтных работ.

Натурные исследования этих причин, связь между ними и снижением эксплуатационной надежности работы открытой КДС проводились в Сырдарыинском районе Сырдарыинской области. Полевые материалы анализированы методами аналитической группировки и корреляционно-регрессионным анализом.

Инженерно-геологические и гидрогеологические факторы.

Результаты гранулометрического анализа показывают, что откос обследованного коллектора ВЖД-Обводной слагается из разных грунтов от песка до глин (по В.В.Охотину) (табл. 3.3.1). От гранулометрического состава грунтов зависит как дренирующая способность дрен, так и устойчивость откосов. На скорость движения грунтовых вод к дрене влияют фильтрационные свойства грунтов, характеризующиеся величиной коэффициента фильтрации

$$V = f(K)$$

Коэффициент фильтрации грунтов в свою очередь зависит и от диаметра частиц, слагающих грунт.

В общем виде К может быть представлен в такой форме:

$$K = f = (APd^2)$$

где, А – коэффициент, характеризующий свойства фильтрующиеся жидкости (вязкость, удельный вес); Р – порозность почвы; d – диаметр частиц, слагающих почвы.

Для систем монодисперсных расчетная величина d берется по прямому измерению. При анализе системы полидисперсной мы имеем ряд значений d, из которых нужно получить одно, расчетное. Для этого предложено понятие «эффективного» или «действующего» диаметра частиц, который является расчетным (d_n или d_{ϕ}) [52; 68-69-с.].

А.Газеном предложено считать, что действующий диаметр это диаметр частиц, который составляет 10% от всей массы почв [19; 27-с.]. Слихтер считает, что d_{10} применим лишь для систем, не содержащих частиц мельче 0,01 мм, а с другой стороны, он не применим для систем, слишком разнородных по своему составу [115; 263-266-с.].

Универсальную формулу для определения действующего диаметра d_w в различных полудисперсных системах предложил Козени:

$$d_w = \frac{100}{\sum \left[\frac{1}{2} q_k \left(\frac{1}{d_k} + \frac{1}{d_{k-1}} \right) \right]} + \frac{3}{2} \frac{q_{min}}{d_{min}} \quad (3.3.1)$$

где: d_w – эффективный диаметр; 100 – сумма процентов всех фракций гранулометрического анализа; q_k – процентное выражение каждой фракции анализа; q_k и q_{k-1} – наибольший и наименьший диаметры данной фракции; d_{min} – диаметр наиболее мелкой фракции, определенной в анализе; q_{min} – процент мелкой фракции [29; 351-352-с.].

Характерной особенностью глинистых грунтов, как известно, является сцепление, которое существенно влияет и на их фильтрационную прочность.

В.С.Истомина предлагает следующую формулу для определения сцепления при разрыве при текучем состоянии глинистых грунтов:

$$C_{MOL} = C_P \text{ при } d = 80$$

$$C_P = 0,14 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{d_{80}}, \text{ кг/см}^2 \quad (3.3.2)$$

где d_{80} – диаметр частиц, в мм, который соответствует размерам частиц; меньше которых в грунте 80% по массе.

Использование этой формулы для определения сцепления при разрыве грунта C_P , очевидно, возможно не только при $W=W_T$, но и при других состояниях. Если это окажется необходимым для практических целей в будущем, то в аналитическом выражении сцепление C_P придется использовать уже другой расчетный диаметр агрегатов, а не d_{80} .

Таблица 3.3.1

Показатели устойчивости грунтов, слагающие откосы КДС старой зоны орошения Шурузякского массива [87; 9-10-с]

Таким образом, для каждого из состояний грунта (для различных γ_{ck} , W , σ) можно будет найти диаметр агрегатов частиц, характеризующих как сцепление при разрыве, так и молекулярное сцепление [40; 86-89-с.].

Интенсивность заиления КДС убывает в порядке от I типа к IV типу почвогрунтовых профилей, т.е. в сторону увеличения глинистых частиц в грунтах, слагающих откосы.

В I типе почвогрунтовых профилей из-за слоистого строения грунтов глинистые частицы на устойчивость откосов существенно не влияет. Содержание глинистых частиц по II, III, IV типам почвогрунтовых профилей соответственно составили 16,8, 29,2, 20,65% от массы грунта. При этом сила сцепления при разрыве, рассчитанная по формуле, предложенной В.С.Истоминой, составила в I типе грунтах – 0,023, II типе – 0,026, в III типе – 0,040 и IV типе – 0,021 кг/см². Эффективный диаметр (d_w) составляет в I типе – 0,0062 мм, II типе – 0,0042 мм, в III типе – 0,0034 мм, IV типе – 0,0040 мм.

Менее интенсивное заиление КДС в IV типе почвогрунтовых профилей по сравнению с III типом при меньшем содержании глинистых частиц, 20,65% против 29,2% в III типе, меньшей силой сцепления при разрыве 0,021 кг/см² против 0,040 кг/см² в III типе и большим эффективном диаметре, 0,0040 мм против 0,0034 мм, чем в III типе почвогрунтовых профилей объясняется большим содержанием гипса в IV типе 6,28 % против 2,14 % в III типе почвогрунтовых профилей.

В практически незасоленных грунтах сопротивление сдвигу понижается с увеличением влажности, уменьшением объемного веса или нормального давления, увеличением содержания глинистых частиц.

В засоленных грунтах направленность изменений обуславливается также влиянием солевого комплекса. Так, при прочих равных условиях, в сравнении с незасоленными, гипсованные грунты характеризуются повышенной сопротивляемостью сдвигу. При этом тяжелые и средние

гипсированные суглинки приобретают свойства незасоленных супесей и легких суглинков. Показательно, что аналогично предыдущему по мере увеличения своего содержания в более глинистых и менее плотных грунтах гипс не только нейтрализует влияние глинистой фракции и снижения объемного веса, в ряде случаев, к повышению сопротивления грунтов сдвигу.

В грунтах смешанного засоления характер и направленность изменений величин сопротивления сдвигу оказываются зависящими и от количественного соотношения легкорастворимых солей и гипса. В общем случае, при равенстве содержания гипса и легкорастворимых солей, либо преобладание первого над вторым, сопротивление сдвигу возрастает [78; 52-56-с.], которое подтверждается наблюдениями (табл. 3.3.2).

Таблица 3.3.2

Статистическая характеристика показателей устойчивости грунтов слагающая откосы КДС

Типы почвогрунтовых профилей	Статистические характеристики	Показатели устойчивости грунтов			
		Содержание гипса, % CaSO ₄ ·2H ₂ O	Эффективный диаметр, d ₁₀ , мм	Эффективный диаметр по А.Козени, d _w , мм	Сила сцепления при разрыве по В.Истоминой, Ср кг/см ²
I	среднеаифметические, X	0,694	0,0114	0,0062	0,0254
	среднеквадратические	0,543	0,0218	0,0087	0,0217
II	среднеаифметические, X	1,103	0,0020	0,0042	0,0274
	среднеквадратические	0,584	0,0006	0,00088	0,0073
III	среднеаифметические, X	2,143	0,00134	0,0034	0,0393
	среднеквадратические	3,323	0,00057	0,00057	0,0298
IV	среднеаифметические, X	6,279	0,0015	0,0040	0,0201
	среднеквадратические	3,935	0,0007	0,0008	0,0057

Из сравнения средних варьирующих факторных и результативных признаков в разных типах почвогрунтовых профилей наблюдается зависимость интенсивности заиления коллекторно-дренажной сети от всех выше рассмотренных факторов (табл. 3.3.3).

Таблица 3.3.3

Тип почвогрунтовых профилей	Интенсивность заиления КДС, см/год	Содержание глинистых частиц от массы грунта, %	Содержание гипса от массы грунта, %	Эффективный диаметр по Козеню, d_w , мм	Сила сцепления по Истоминой, Ср кг/см	Сухой вес водорослей на 1 м ² , г/м ²	Количество размываемого откоса на 1 км	Мутность коллекторно-дренажных вод, г/м ³
1	22,0	15,1	0,69	0,0062	0,023	379	2,26	134
2	15,5	16,8	1,10	0,0042	0,026	368	2,65	121
3	13,5	29,2	2,14	0,0034	0,040	273	3,14	78
4	11,5	20,65	6,28	0,0040	0,021	-	1,51	-

Расчеты эмпирического корреляционного отношения показывают тесную ($\tau=0,73$) силу связи интенсивности заиления с эффективным диаметром грунтов, заметную с силой сцепления ($\tau=0,58$) и умеренную силу связи с содержанием глинистых частиц и гипса в грунтах соответственно $\tau=0,38, 0,36$ (табл. 3.3.3, 3.3.4, рис. 3.3.1), т.е. преобладающим фактором, влияющим на устойчивость откосов КДС является эффективный диаметр грунтов. Статистические обработки данных о заиении КДС за многолетний период на однородных по литологическому строению грунтов показывает, что при эффективном диаметре (d_w) равным 0,004 мм среднегодовое значение заиление составляет $X=14$ см/год, среднеквадратическое отклонение $\sigma=3,65$, при $d_w>0,004$ мм, $X=22$ см/год $\sigma=4,08$.

Таблица 3.3.4

Расчет эмпирического корреляционного отношения между эффективным диаметром грунтов, содержанием глинистых частиц, содержанием гипса, силой сцепления, количеством оплыивания на 1 км протяженности и интенсивностью залегания КДС

№, III	Показатели	Дисперсия групповых уравнений		Общая дисперсия	Коэффициент детерминации $\eta = \frac{\delta^2}{\sigma^2}$	Эмпирическое корреляционное отношение $\eta = \sqrt{\frac{\delta^2}{\sigma^2}}$
		$Y_{\text{тр}}$, см/год	$\delta^2 = \frac{\sum(Y_{\text{тр}} - Y)^2 \cdot n}{n}$			
1	Эффективный диаметр, слагающий откосы грунтов, мм	16,87	18,44	34,34	0,536	0,733
2	Содержание глинистых частиц, %	16,87	4,95	34,34	0,144	0,380
3	Содержание гипса, %	16,87	4,33	34,34	0,126	0,360
4	Сила сцепления, кг/см ²	16,87	11,49	34,34	0,334	0,580
5	Количество оплыивания на 1 км протяженности КДС, шт	18,38	6,58	24,52	0,268	0,520

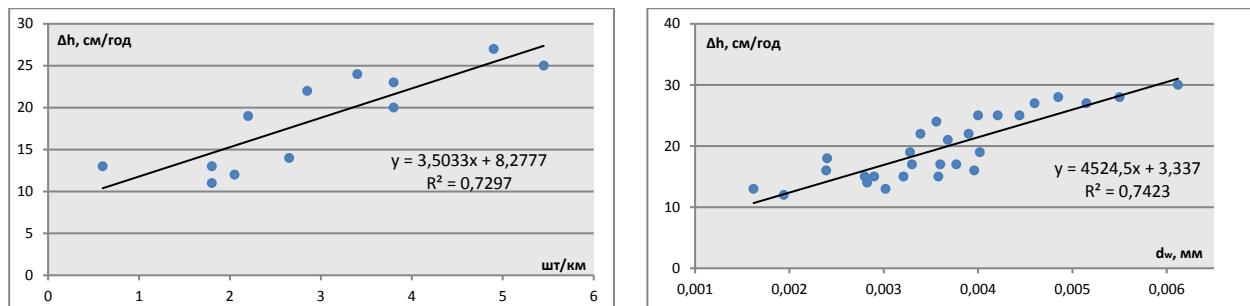


Рис. 3.3.1. Корреляционная зависимость между оплыванием откосов (а), эффективного диаметра частиц грунта (б) и заиления КДС

Таким образом, наиболее быстрое заиление КДС во времени происходит в грунтах слоистого строения, облегчающегося к низу (I тип). Вымыв частиц фильтрационным потоком и оплывание откоса происходит в зоне залегания песка, поэтому при слоистых строениях грунтов эффективный диаметр на устойчивость откосов существенно не повлияет, хотя d_w в верхнем суглинистом слое меньше 0,004 мм.

По скорости заиления КДС, после слоистого строения грунтов облегчающегося к низу, происходит на легких и средних суглинках проложенных с эффективным диаметром более 0,004 мм (II тип). При наличии в них гипса более 5%, они приобретают устойчивость тяжелых суглинков и глин с эффективным диаметром менее 0,004 мм (III тип).

Наиболее медленно заиление КДС происходит на гипсированных (>5%) грунтах с эффективным диаметром частиц менее 0,004 мм (IV тип), т.е. интенсивность заиления КДС проложенных в однородных грунтах в основном зависит от эффективного диаметра и содержания в нем гипса.

Биологические факторы

Развитие водной растительности и водорослей уменьшает живое сечение КДС, задерживает течение воды и приводит к заиению.

Незначительная скорость и прозрачность коллекторно-дренажных вод в летний период и слабая минерализация в Шурузякском массиве Сырдарыинской области создают условия для зарастания КДС водно-прибрежными растениями и

водорослями, которые приводят к уменьшению площади живого сечения, подпору и сбивке течения к одному из берегов с последующим размывом, обрушением борта и заивлением коллектора.

По результатам исследований А.Э.Эргашева коллекторов, открытых дрен и озер Голодной степи определены видовой состав водорослей, их сезонное изменение, а также динамика зарастания с выявлением основных засорителей (табл. 3.3.5, 3.3.6, рис. 3.3.2, 3.3.3) [81; 51-74-с.].

Таблица 3.3.5

Сезонные изменения количества видов водорослей в коллекторах

Голодной степи [81; 74-с.]

Тип	Всего видов	Количество видов			
		Весна	Лето	Осень	Зима
Эвгленовые	27	13	18	8	5
Сине-зеленые	99	46	79	51	39
Зеленые	107	39	92	48	32
Пирофитовые	1	-	1	-	-
Золотистые	4	2	-	-	2
Диатомовые	267	141	183	151	124
Всего	505	241	383	258	202

Таблица 3.3.6

Сезонные изменения количества видов водорослей в дренах Голодной

степи [81; 75-с.]

Тип	Всего видов	Количество видов			
		Весна	Лето	Осень	Зима
Эвгленовые	19	4	12	9	4
Сине-зеленые	106	46	70	49	31
Зеленые	97	30	79	40	24
Пирофитовые	1	-	-	1	-
Золотистые	1	-	-	-	1
Диатомовые	202	86	146	113	70
Всего	426	166	307	212	129

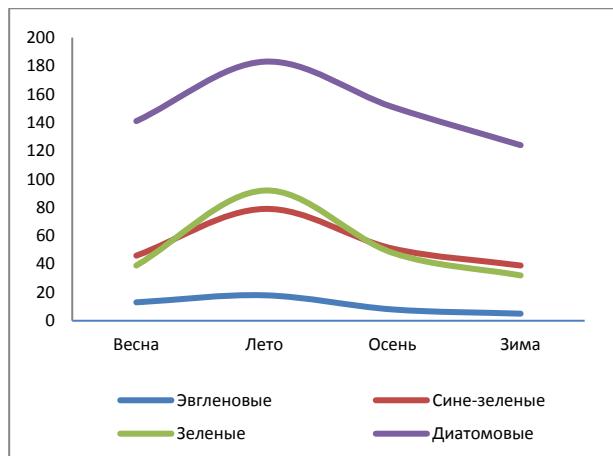


Рис. 3.3.2 Сезонное изменение флоры водорослей в коллекторах Голодной степи

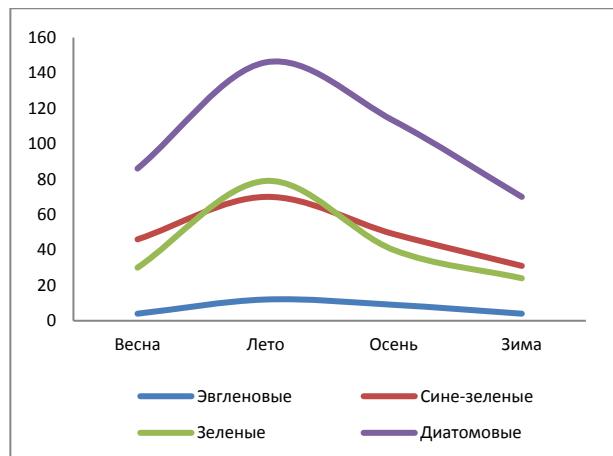


Рис. 3.3.3 Сезонное изменение флоры водорослей в дренах Голодной степи

Наблюдения за зарастанием водорослей и водно-прибрежных растений, показали, что после очистки КДС водоросли и водно-прибрежные растения, особенно камыш и куга за одну вегетацию восстанавливают свою густоту (рис. 3.3.4). Поэтому изменение шероховатости русла КДС за счет зарастания в отрезке большого времени можно, считать постоянным, изменения зарастания происходят по сезонам внутри года.



Рис. 3.3.4. Натурные наблюдения за зарастанием водорослей и водно-прибрежных растений коллектора ВЖД-Обводной

Фактический коэффициент шероховатости в естественных руслах рекомендуется определять путем гидрометрических замеров гидравлических элементов потока воды [36; 64-с., 49; 51-52-с., 66; 34-с., 80; 67-70-с.].

Изменение шероховатости коллектора ВЖД-Обводной в зависимости от сезона внутри года, выявленное по фактическим наблюдениям и замерам гидравлических элементов, а также при

помощи подсчета с использованием формулы Г.В.Железнякова, полностью аппроксимируется с сезонной динамикой распределения водорослей в данном коллекторе, выявленное А.Э.Эргашевым [81; 24-29-с.]. Показатель коэффициента шероховатости « n » в русле коллектора ВЖД-Обводной меняется от 0,04 до 0,15 (рис. 3.3.5). Повышение шероховатости при постоянном расходе коллекторно-дренажных вод приводит к увеличению площади живого сечения и подъему горизонта воды в русле с последующим подъемом УГВ.

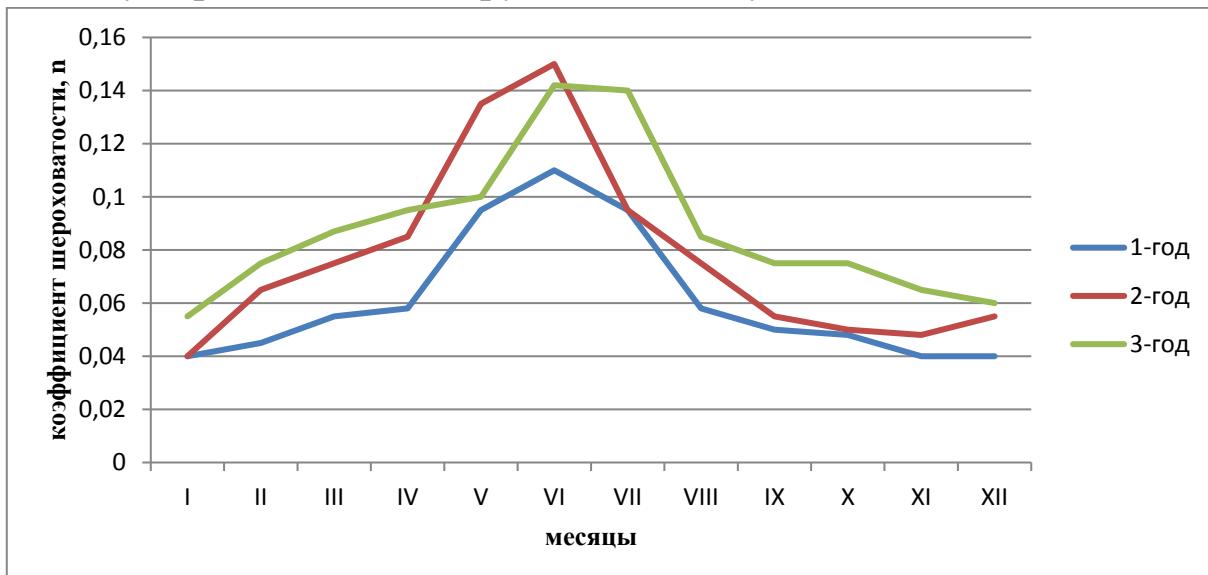


Рис. 3.3.5. Сезонное изменение шероховатости русла коллектора ВЖД-Обводной

Густое зарастание водорослей в теплые времена года приводят к резкому повышению шероховатости русла коллекторно-дренажной сети.

При определении подъема уровня воды в коллекторе от первоначального проектного уровня и утраты рабочей глубины прилегающих к нему дрен произведен расчет, с учетом того, что при постоянном расходе (Q), будет меняться площадь живого сечения (w), а также уклон (i). Имея расчетные данные, построен график относительного наполнения коллектора в зависимости от изменения шероховатости (рис. 3.3.6), благодаря которому можно вычислить коэффициент зарастания коллекторно-дренажной сети ($K_{зар}$).

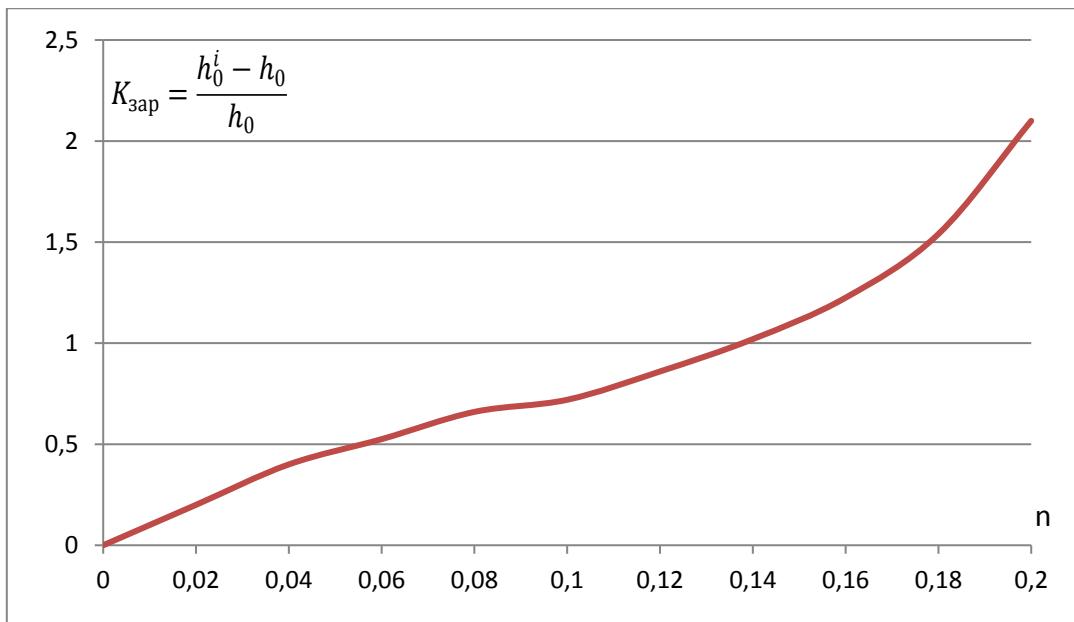


Рис. 3.3.6. График относительного наполнения коллектора

в зависимости от изменения шероховатости

Понижение рабочей глубины в коллекторе (разница между отметкой поверхности земли и отметкой уровня воды в коллекторе) из-за зарастания приведено в следующем виде:

$$h_{\text{н}}^p = h_{\text{н}} - [h_0 + (h_0 \cdot K_{\text{зар}})] \quad (3.3.3)$$

где $h_{\text{н}}$ – начальная рабочая глубина, м; h_0 – исходная, наполнение воды в дрене, м; $K_{\text{зар}}$ – коэффициент учитывающий зарастание КДС.

Из графиков видно, что сезонное распределение водорослей и коэффициент шероховатости (n) меняется в больших пределах, что соответственно приводит к изменению $K_{\text{зар}}$. Однако в современных условиях на практике в отличие от оросительных каналов, из-за отсутствия необходимых механизмов для укоса водорослей и водно-прибрежных растений, а также большей трудоемкости, этих работ ежегодный укос водорослей на КДС не производится. Поэтому значение $K_{\text{зар}}$ можно принимать постоянным и равным при максимальном коэффициенте шероховатости « n » после первого года межочистки.

Водно-прибрежные растения выше горизонта воды играют положительную роль в укреплении откосов. Частые межочистки КДС по всей длине приводят к потере устойчивости откосов,

непомерному расширению поперечного сечения. Для сохранения устойчивости откосов и работоспособности дренажной сети ремонтные работы надо производить только на местах разрушения откосов с применением мобильных механизмов, для удаления водорослей и растений применять различного типа косилки.

Эксплуатационные факторы.

Сбросы оросительной воды в КДС имеют значительный вес при снижении их работоспособности. Корреляционно-регрессивный анализ показывает, что между количеством размыва откосов на 1 км протяженности и интенсивностью заиления КДС имеется линейная связь, (рис. 3.3.1), сила связи заметная ($r=0,52$). Обобщение и анализ продольных профилей КДС показывает, что размытый поливной водой грунт располагается ниже по течению в месте разрушения, по продольному профилю образуются волнообразные горки грунтов, иногда с пиками. По поперечному профилю сужается русло, поднимается горизонт воды выше этого участка на 20-70 см. Вследствие этого дрены, впадающие выше этого участка, работают в подпоре, из-за снижения скорости воды начинается заиление дрен.

При увеличении мутности дренажных вод заиление происходит еще быстрее. Мутность коллекторно-дренажных вод зависит от уклона дна коллектора и дрен, скорости воды в них, и особенно, от техники и технологии полива. Так, мутность коллекторно-дренажных вод увеличивается в промывной период, когда промывка земель производится большими площадями, на местах с большими уклонами рельефа и скорости ветра на нижних участках прорываются валики полей и большой объем грунта, а также пахотный слой уносится в КДС.

В связи с нехваткой оросительной воды в старой зоне орошения практикуется устройство глухих перемычек на КДС и использование дренажных вод на полив. При этом горизонт воды в КДС сильно поднимается и увлажняется откос по всей высоте. В Голодной степи в основном распространены лессовые грунты,

которые при сухом составе обладают большой прочностью, но с увлажнением резко теряют свою прочность.

На коллекторах, где устроены глухие перемычки, отсутствует течение воды и взвешенные наносы осаждаются на дно, вода становится прозрачной, повышается температура воды и создаются хорошие условия для зарастания водорослями. При снятии перемычек резко падает горизонт воды, увеличивается градиент напора и увлажненный откос оползает. Разрушение откосов КДС также происходит при очистных работах. При подсечке откосов лишившийся опоры вышележащая часть его резко обрушивается в русло.

Объем выемки с 1 п.м. составляет в зависимости от размера поперечного сечения от 2,5 до 6,0 м^3 при заилении от 0,5 до 2,5 м^3 на п.м. без учета обвалившихся и оплыvшихся в русло грунтов (рис. 3.3.7, 3.3.8).

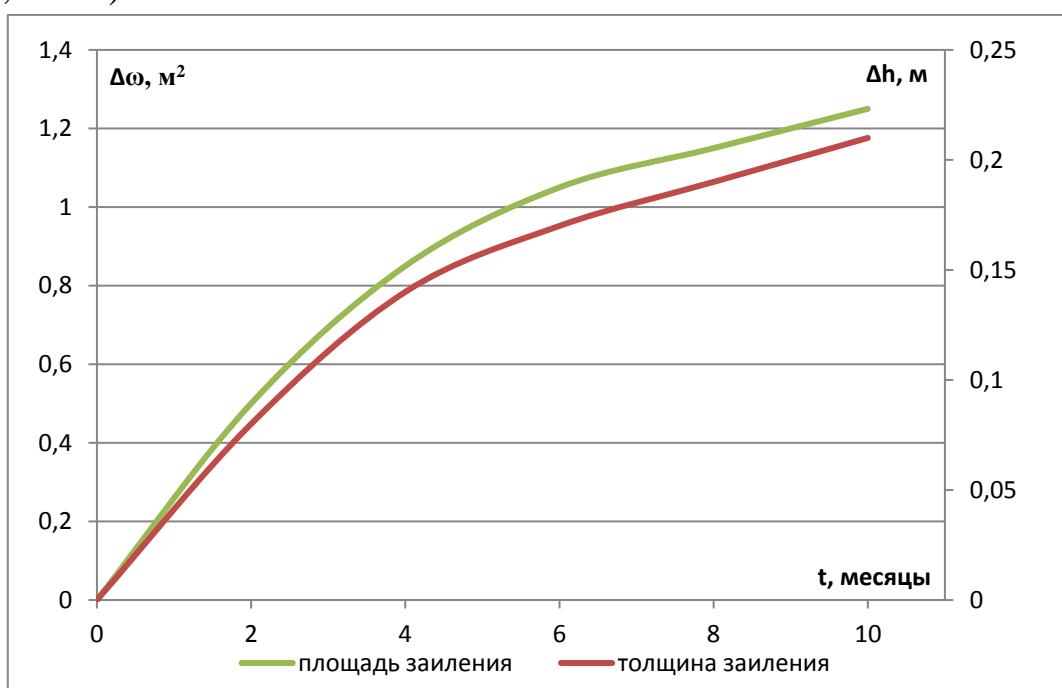


Рис. 3.3.7. Интенсивность заиления открытых дрен

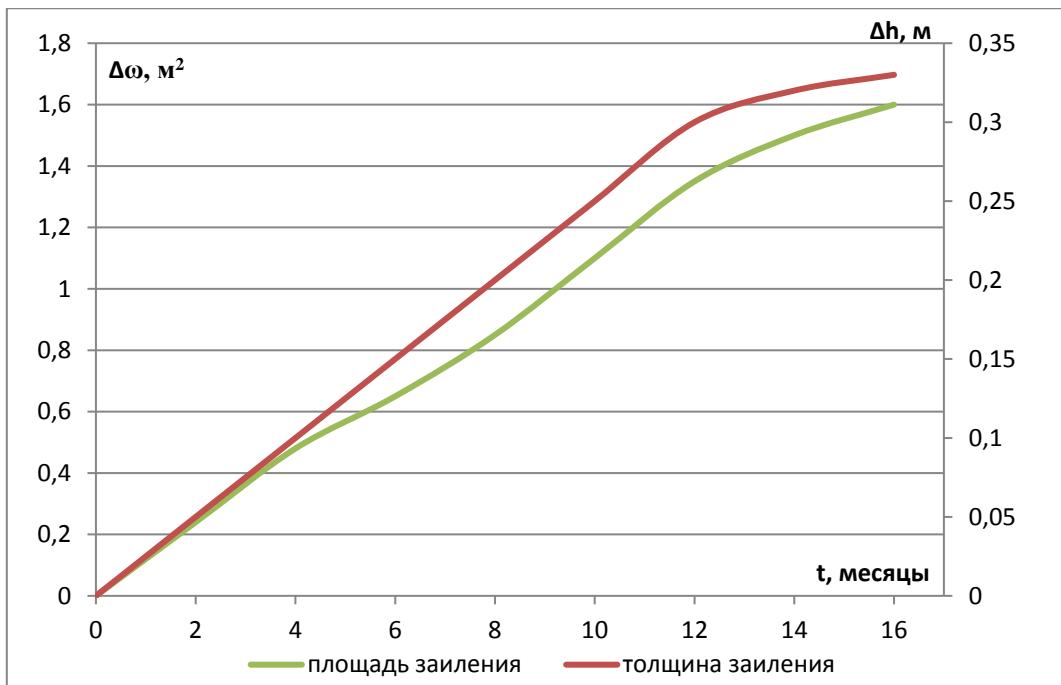


Рис. 3.3.8. Интенсивность заиления коллектора ВЖД-Обводной

Деформация откосов КДС часто происходит из-за несоблюдения проектного коэффициента заложения откосов и ширины защитных полос. Так, по результатам обследованной КДС фактические коэффициенты заложения откосов составляют на коллекторах от 1,2 до 2,0 против проектного 1,5 до 3,0 и для дрен от 1,0 до 1,75 против проектного от 1,5 до 2,0 [65; 12-14-с.].

Фактические ширины защитных полос колеблются от 30 до 85 на коллекторах против 80-120 м и 25 до 60 м на дренах против 40-60 м.

Результаты натурных исследований показывают, что на снижение работоспособности открытой коллекторно-дренажной сети в разной степени влияют много природно-хозяйственных и организационно-технических факторов. Взаимосвязь этих факторов с интенсивностью заиления КДС приведена в таблицах 3.3.3, 3.3.4.

§3.4. Анализ натурных исследований снижения эксплуатационной надежности работы открытого горизонтального дренажа разного порядка и сопоставление теоретическими данными

Натурные исследования снижения эксплуатационной надежности работы КДС состояли из изучения снижения глубины русла (h) и площади поперечного сечения (w) открытых дрен, а также коллектора, в который они впадают за время эксплуатации, для чего были закреплены створы на КДС различного порядка после проведения на них ремонтно-восстановительных работ. По этим створам в период с 2019 по 2022 годы проводились инструментальные наблюдения.

На коллекторе и дренах, где проводилось инструментальное наблюдение, среднегодовая толщина заиления отличается от результатов, полученных статистической обработкой фактических материалов эксплуатационных служб Сырдарыинской области. Это объясняется тем, что интенсивность заиления, определенная статобработкой фактических материалов, отражает влияние суммы всех факторов, влияющих на снижение работоспособности КДС.

Среднегодовая толщина заиления КДС за время инструментальных наблюдений в составила 16,7 см/год против 23,5 см/год, полученной статобработкой.

По результатам натурных наблюдений за изменением параметров открытых дрен, а также коллектора, можно отметить, что их заиление наиболее интенсивно происходит в первый год эксплуатации, т.е. после проведения ремонтно-восстановительных работ. Отмечено, что процесс заиления чаще происходит в коллекторах, нежели в открытых дренах, а также больше на КДС с легким механическим составом грунтов, чем в тяжелых. Со временем интенсивность заиления стабилизируется и замедляется.

Тенденцию ухудшения параметров дрен (w, h) при которой наблюдается снижение работоспособности КДС, в период эксплуатации, определяем отдельно для грунтов слоистого строения облегчающего к низу и отдельно для грунтов однородного

строения. Для чего в прямоугольной системе координат времени после очистки откладываем время t по оси абсцисс (X) и высоту заиления (Δh) по оси ординат. По расположению точек с координатами x и y можно будет судить о характере зависимости снижения работоспособности КДС с продолжением времени эксплуатации. По расположению фактических точек проводим линию, отражающую тенденцию (рис 3.4.1). Плавная кривая на рисунке 3.4.1 описывается показательной функцией.

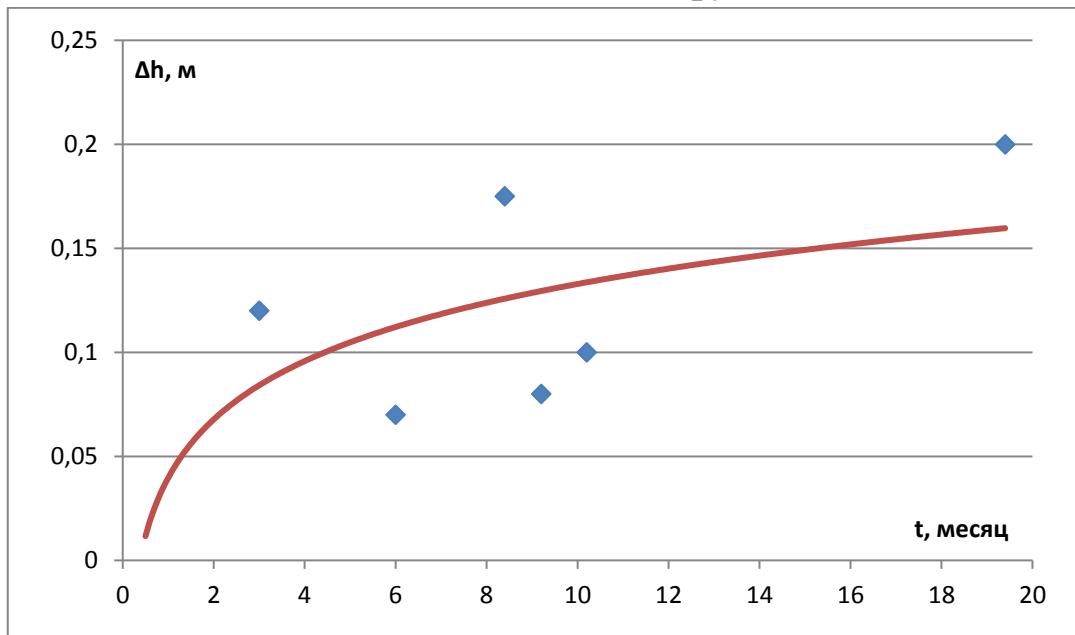


Рис. 3.4.1. Уменьшение рабочей глубины КДС

Тогда формулу определения снижения работоспособности КДС с продолжением времени эксплуатации до 1 года можно записать в следующем виде

$$h_{(t)} = h_H - a(1 - l^{-\lambda t}), \text{ м} \quad (3.4.1)$$

где, h_H – начальная глубина воды в дрене/коллекторе, м; a – показатель уровня заиления при заданной вероятности, м/год; t – продолжительность эксплуатации КДС после проведения ремонтно-восстановительных работ, месяц; λ – коэффициент заиления КДС.

$$\lambda = \frac{\sum_{t \dots i} Y_{ti}}{\sum t^2}, \quad \text{здесь} \quad Y = \ln \left(1 - \frac{\Delta h}{a} \right)$$

Для случаев времени эксплуатации более 1 года формулу (3.3.3) запишем в виде

$$h_{(t>1)} = h_H - a + a(1 - l^{-\lambda t}), \text{ м} \quad (3.4.2)$$

здесь единица измерения времени (t) в годах.

Формулы (3.3.3, 3.4.1, 3.4.2) учитывают потери глубины дрен во времени, проложенных в различных геологогидрологических условиях и будут использованы для расчета дренажа при балансовых расчетах.

Скорость потери глубины дрен в различных почвогрунтовых профилях зависит от коэффициента заиления « λ », которую можно определить при разных вероятностях.

Оптимальная надежность должна определяться технико-экономическими расчетами, затраты на обеспечение заданной надежности должны быть минимальными, при этом не допускать ущерб урожаю [23; 4-5-с., 24; 3-с., 25; 20-с., 38; 14-18-с., 54; 23-28-с., 55; 18-с., 85; 26-27-с.].

Е.Ц.Мирцхулава, С.Ш.Зюбенко, В.В.Иванов, считают, что надежность работы объектов гидромелиоративных систем в зависимости от группы объектов должна быть не ниже 0,95; 0,75; 0,50 [55; 26-с., 39; 74-75-с.]. К 1 группе относятся объекты, ремонтируемые по системе планово-предупредительного ремонта (ППР); ко 2 группе – объекты, ремонтируемые по системе ППР, но с учетом физического состояния элементов, если к моменту планового ремонта находятся в хорошем состоянии, их не ремонтируют до следующего планового ремонта, к 3 группе – объекты, ремонтируемые по потребности, т.е. при возникновении отказов [55; 31-с.].

Для определения высоты заиления (a) КДС с вероятностью 0,95; 0,75; 0,50 по методике, изложенной в работе [20; 63-66-с.]:

1. Логарифмируемые центры интервалов заиления КДС
2. Рассчитываем среднеарифметическую (z) по следующей формуле

$$\bar{z} = \frac{\sum z}{n} = 1,295$$

3. Рассчитываем среднеквадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\bar{z} - z)^2}{n - 1}} = 0,298$$

4. При заданной вероятности $\Phi_{(z)}$ (Интеграл Лапласа) равной 0,95; 0,75; 0,50 [39; 67-с.] находим значения

$$\Phi_{Z0,95} = 1,64 \quad \Phi_{Z0,75} = 0,68 \quad \Phi_{Z0,50} = 0,00$$

5. Далее находим значение z

$$z_{0,95} = 1,783 \quad z_{0,75} = 1,497 \quad z_{0,50} = 1,295$$

6. Определяем глубину заиления при разных вероятностях по формуле $a = 10^z$

$$a_{0,95} = 10^{1,783} = 60,6 \text{ см/год} = 0,61 \text{ м/год}$$

$$a_{0,75} = 10^{1,497} = 31,4 \text{ см/год} = 0,31 \text{ м/год}$$

$$a_{0,50} = 10^{1,295} = 19,7 \text{ см/год} = 0,20 \text{ м/год}$$

7. Методом наименьших квадратов находим коэффициент « λ » при различных вероятностях

$$\text{при } 0,95 \rightarrow \lambda = -0,022$$

$$\text{при } 0,75 \rightarrow \lambda = -0,058$$

$$\text{при } 0,50 \rightarrow \lambda = -0,151$$

С учетом специфики работы, открытый горизонтальный дренаж можно отнести ко II группе объектов, т.е. расчет надежности работы производим с 0,75, тогда формулу (3.4.2) можно записать в виде

1. Для КДС проходящих в слоистых грунтах облегчающегося к низу с $d_w > 0,004$ мм

$$h_{(t>1)} = h_H - 0,31 + 0,31(1 - e^{-0,058t}) \quad (3.4.3)$$

Полученная зависимость позволит прогнозировать изменение работоспособности открытого дренажа с течением времени из-за процессов заиления.

Выводы по третьей главе

1. Влияние интенсивности отказа и общей работоспособности открытого горизонтального дренажа на мелиоративное состояние орошаемых земель определены усовершенствованным методом общих и частных водно-солевых балансов, разработанный в САНИИРИ (Р.К.Икрамов, М.А.Якубов и др.). По результатам расчета водно-солевого баланса расчетного участка в приходной части водоподача составила 7822 м³/га, атмосферные осадки 3240 м³/га и фильтрация из оросительных каналов 381 м³/га. В расходной части основное место занимает суммарное испарение равное 8707 м³/га, далее идет дренажный сток - 1255 м³/га и сбросы с полей орошения - 364 м³/га

2. Расчеты эмпирического корреляционного отношения показали тесную ($\tau=0,73$) связь интенсивности заиления с эффективным диаметром грунтов, заметную ($\tau=0,58$) с силой сцепления и умеренную ($\tau=0,38$) с содержанием глинистых частиц и гипса в грунтах.

3. Корреляционная зависимость между оплыvанием откосов, эффективного диаметра и заиления КДС составила 0,73 и 0,74 соответственно, что показывает зависимость дренирующей способности дрен, а также устойчивости откосов от гранулометрического состава грунтов.

4. Теоретические и натурные исследования показывают, что на снижение работоспособности открытой коллекторно-дренажной сети в разной степени влияют миграционные процессы, водно-солевые, природно-хозяйственные и организационно-технические факторы.

5. Получена зависимость позволяющая прогнозировать изменение работоспособности открытого дренажа с течением времени из-за процессов заиления.

ГЛАВА IV. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОТКРЫТОЙ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ

§4.1. Модель логонормального распределения и закономерность для определения выхода из строя и интенсивности заилиения открытого горизонтального дренажа

Развитие моделирования эксплуатационной надежности открытой коллекторно-дренажной сети связано, прежде всего, с требованиями водно-солевого режима почвогрунтов количественного решения задач охраны подземных вод от вторичной загрязнения, в том числе для выделения охранных зон водозаборов и установления возможного характера хозяйственного использования этих зон. Важной областью применения моделирования является обоснование мониторинга качества подземных вод, требующее для правильной постановки и интерпретации данных наблюдений правильного ответа на следующие основные вопросы: что, где, когда, как измеряется, а также кто производит измерения. Ответы на эти вопросы могут быть даны только на основе ясных представлений о модели наблюдаемых процессов.

Одним из главных условий обеспечения требуемого водно-солевого режима почвогрунтов является надежная работа коллекторно-дренажной сети.

Используя научные труды НИИИВП, проектного института «Узсуввойиха» и литературные источники [25; 19-30-с., 38; 36-39-с, 39; 68-75-с., 79; 8-12-с.] с целью исследования устойчивости откосов КДС выполнена типизация профилей почвогрунтов (табл. 4.1.1).

При этом, исходим из того, что устойчивость откосов КДС увеличивается с утяжелением мехсостава почвенно-грунтовых профилей и ростом содержания гипса.

Таблица 4.1.1

Типизация профилей почвогрунтов с целью определения интенсивности
заселения открытой КДС

Обозначение типов почвогрунтовых профилей	Характеристика почвогрунтовых профилей
I	Слоистое строение, облегчающее к низу
II	Суглинки легкие и средние, не гипсованные, d_w более 0,004 мм
III	Суглинки легкие и средние, гипсованные (>5%), суглинки тяжелые и глина, не гипсованные d_w менее 0,004 мм
IV	Тяжелые суглинки и глина, гипсованные (>5%), d_w менее 0,004 мм

По результатам полевых исследований, также была выявлена тесная связь ($\xi=0,73$) между устойчивостью откосов КДС и эффективным диаметром грунтов, причем на обследованном коллекторе и дренах с почвогрунтовыми профилями III и IV типа в основном встречается грунт с эффективным диаметром (d_w) до 0,004 мм, а в коллекторах и дренажах с почвогрунтовыми профилями I и II типа встречается грунт с эффективным диаметром (d_w) менее 0,004 мм.

Для анализа практического повтора ремонтно-восстановительных работ и интенсивности заселения открытой дренажной сети проведено обобщение и анализ многолетних материалов Нижнесырдарьинского БУИСа о ремонтно-восстановительных работах КДС района.

Используя методику, изложенную в работах [20; 23-26-с., 22; 64-65-с, 37; 18-21-с., 39; 64-79-с., 56; 6-9-с., 63; 45-48-с, 66; 3-5-с., 77; 62-65-с., 78; 52-53-с, 91; 735-736-с., 100; 12047-с.] произведена статистическая обработка данных (табл. 4.1.2, 4.1.3) о мехочистке и заселении КДС. При этом с учетом того, что конструкция, принципы и условия работы открытых коллекторов и дрен

существенно не различаются (незначительное различие имеется в режиме работы, как большие амплитуды колебания уровня воды в коллекторах по сравнению с дренами за счет сброса поливной воды), в объем выборки включены и коллектора и дрены.

Для наглядного представления частоты очистки и интенсивности заиления коллекторно-дренажных сетей построены соответствующие графики (рис. 4.1.1, рис. 4.1.2).

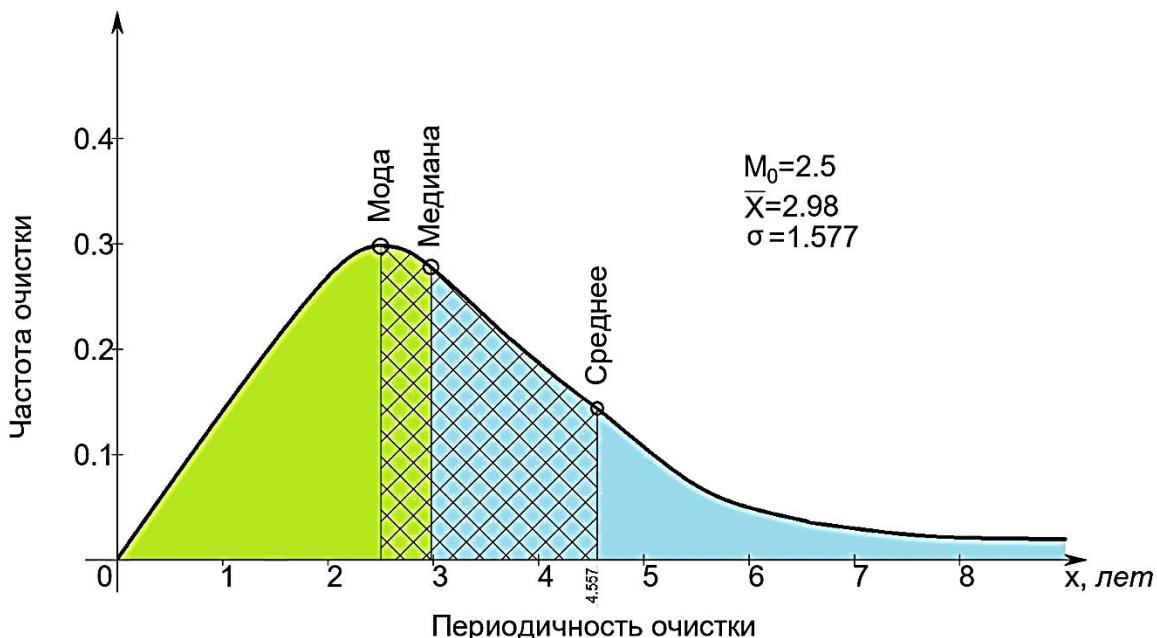


Рис. 4.1.1. График частоты очистки открытого горизонтального дренажа

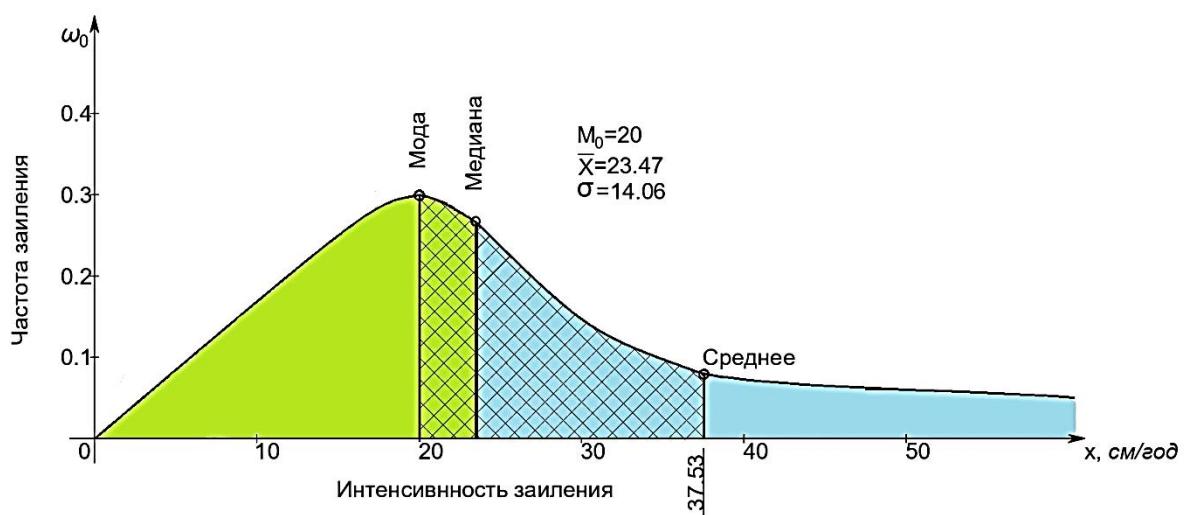


Рис. 4.1.2. График интенсивности заиления открытого горизонтального дренажа

Полученное эмпирическое распределение повторов ремонтно-восстановительных работ и интенсивности заложения открытой дренажной сети наилучшим образом аппроксимируется теоретическим логарифмически нормальным законом распределения.

По методике, изложенной в работе [13, 23-25-с.] производим расчет теоретических логонормальных распределений и проверку согласия опытного распределения с теоретическим [39; 67-69-с.].

Логонормальное распределение определяется двумя параметрами: средне ($\bar{\ln}$) и среднеквадратическим отклонением логарифмов ($\sigma \cdot \ln x$) (табл. 4.1.4).

Функция плотности логонормального распределения ($f_{(x)}$) имеет вид:

$$f_{(x)} = \frac{1}{\sigma \ln x \sqrt{2\pi}} \cdot l^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \bar{\ln}x}{\sigma \ln x}\right)^2} \quad (4.1.1)$$

$$\text{где } \bar{\ln}x = \frac{\sum (\ln x)m}{\sum m} \quad (4.1.2)$$

$$\sigma \ln x = \sqrt{(\bar{\ln}x)^2 - (\ln \bar{x})^2} \quad (4.1.3)$$

$$(\bar{\ln}x)^2 = \frac{\sum (\ln x)^2}{\sum m} m \quad (4.1.4)$$

Таблица 4.1.2

Статистические характеристики эмпирического распределения времени на отказ

Типы почвогрунтовых профилей	Численность единиц выборочное совокупнос.	Статистические характеристики					
		Среднее арифмет. \bar{x} , лет	Мода, M_0 , лет	Размах R , лет	Среднеквадратич. отклонение, σ , лет	Дисперсия, σ^2 , лет	Коэффициент вариации, V , %
I	88	2,98	2,5	7	1,577	2,486	52,9
II	190	3,04	3,5	8	1,514	2,292	49,8
III	94	3,57	3,5	8	1,403	1,968	39,3
IV	21	4,38	4,5	5	2,035	4,125	46,3
							0,44

Таблица 4.1.3

Статистические характеристики эмпирического распределения интенсивности заилиния КДС

Типы почвогрунтовых профилей	Численность единиц выборочное совокупнос.	Статистические характеристики					
		Среднее арифмет. \bar{x} , см/год	Мода, M_0 , см/год	Размах R , см/год	Среднеквадратич. отклонение, σ , см/год	Дисперсия, σ^2 , см/год	Коэффициент вариации, V , %
I	47	23,5	20	59	14,06	197,68	59,9
II	30	15,9	15	45	10,72	114,92	67,0
III	48	14,7	15	33	7,86	61,78	53,5
							2,05
							1,95
							1,13

Таблица 4.1.4

Основные характеристики логарифмически-нормального распределения

Тип почвенно-грунтовых профилей	Частота очистки КДС		Интенсивность заиления КДС	
	$\bar{\ln}x$	$\sigma \ln x$	$\bar{\ln}x$	$\sigma \ln x$
I	1,131	0,437	2,915	0,709
II	1,169	0,418	2,572	0,702
III	1,362	0,334	2,475	0,667
IV	1,437	0,515		

Теоретические частоты логонормального распределения подсчитываем по следующим формулам

- для первой частоты

$$m'_i = N \int_0^{x_i} \frac{1}{\sigma \ln x \sqrt{2\pi}} \cdot l^{-\frac{1}{2}z^2}; \quad d_z = N \varphi_z \quad (4.1.5)$$

- для всех остальных частот

$$m'_i = \int_{x_{i-1}}^{x_i} \frac{1}{\sigma \ln x \sqrt{2\pi}} \cdot l^{-\frac{1}{2}z^2}; \quad d_z = N [\varphi(z_i) - \varphi(z_{i-1})] \quad (4.1.6)$$

где $\varphi(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot l^{-\frac{1}{2}z^2} dz$ – интеграл Лапласа.

Данные фактической (m) и теоретической (m') частоты вносим на график (рис. 4.1.3).

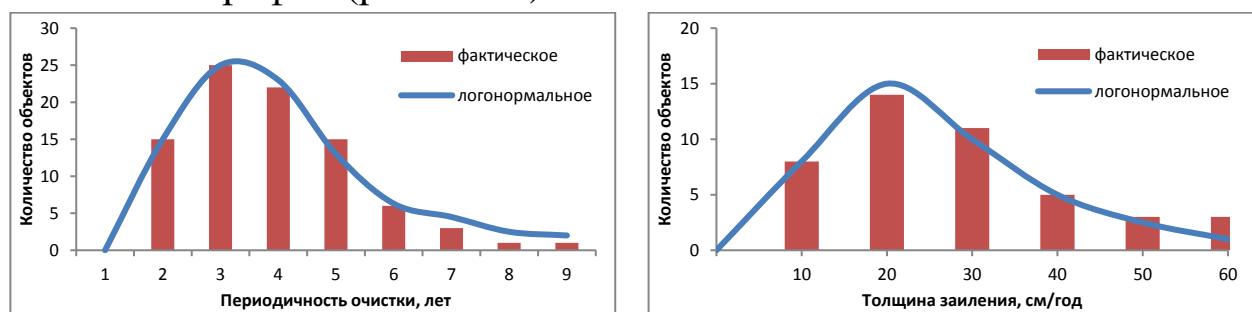


Рис. 4.1.3. Фактическое и логонормальное определения периодичности ремонтно-восстановительных работ и интенсивности заиления открытого горизонтального дренажа

Сопоставляем согласие опытного распределения с теоретическим по критериям устойчивости Джури и приближенного равенства логарифмов медианы фактического распределения средней арифметической из логарифмов вариантов [39; 87-89-с.].

1. Критерий устойчивости Джури

$$\frac{\sum |lnx - ln\bar{x}|}{n \cdot \sigma \cdot lnx} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} = 0,798 \quad (4.1.7)$$

Для рассматриваемого типа почвогрунта отклонение составило от 1,2 до 16%.

2. Определяем критерий осуществления приближенного равенства логарифмов медианы фактического распределения средней арифметической из логарифмов почвогрунта [87; 12-13-с.]

$$ln \cdot Me \approx \bar{ln}x \quad (4.1.8)$$

Разница в логарифме медианы и среднеарифметической составила

0,3-7,9%.

Используя параметры логарифмически-нормального распределения, рассчитана формула плотности распределения значений толщины заиления (табл. 4.1.1):

$$f(x) = 0,563 \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{lnx - 2,915}{0,709} \right)^2} \quad (4.1.9)$$

Используя данные приведенных формул построен график распределения интенсивности заиления системы открытого дренажа, а также для прогноза возможного слоя заиления (рис. 4.1.4). С вероятностью $f(x) = 0,5$ можно сказать, что толщина заиления на грунтах слоистого строения облегчающейся к низу, будет составлять в среднем 15-25 см/год на не гипсованных легких и средних суглинках.

Соответственно принимая значение $f(x)$ возможно составление прогнозных показателей слоя заиления открытого горизонтального дренажа.

Основываясь на теоретическом распределении интенсивности заиления открытого горизонтального дренажа составлен график

возможности заиления системы открытого дренажа (рис. 4.1.5). Соответственно по ней можно определить толщину слоя заиления при различной вероятности, необходимой для составления прогнозных показателей ухудшения работоспособности КДС.

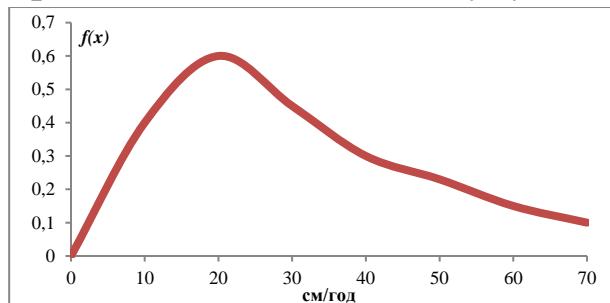


Рис. 4.1.4. График распределения интенсивности заиления системы открытого дренажа

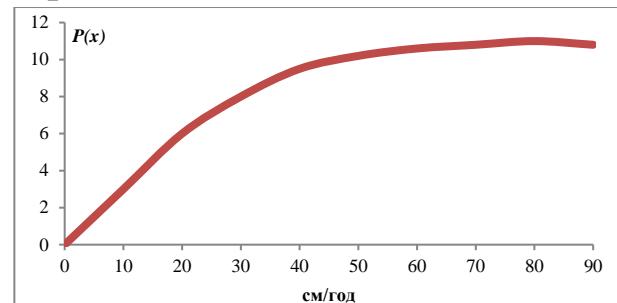


Рис. 4.1.5. График возможности заиления системы открытого дренажа

§4.2. Метод повышения эксплуатационной надежности открытого горизонтального дренажа. Расчет отсечных дрен

Анализ литературных данных [22; 21-24 с., 12; 15-17 с., 15; 32-35 с., 16; 36-38 с., 76; 61-63 с., 77; 55-57 с., 78; 7-10 с., 79; 64-70 с., 81; 110-123 с.], а также опыт эксплуатации КДС и натурные исследования в Шурузякском массиве показывают, что работоспособность дренажной сети зависит от многих организационно-технических, природных и хозяйствственно-экономических факторов; качества проекта и строительных работ; насыщенности сооружений в ней, организации и качества технической эксплуатации систем; технологии полива и др.

Согласно ГОСТу 27.002-2015: надежность – свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования [23; 3-с.].

Создание надежных систем, сооружений, оборудования служит предметом рассмотрения теории надежности [38; 15-16-с.]. В основе теории надежности лежат теоретико-вероятностные соображения. Так как внешние условия эксплуатации и внутренние параметры системы носят случайный характер, отказ обычно

обозначается как случайное событие, а надежность – как вероятностная характеристика системы. Например, такие факторы, снижающие работоспособность КДС как, засторжение водорослями, сброс поливной воды, размытие откосов, режим работы водоприемника, уклон, мутность воды имеет случайный характер.

Поэтому надежность дренажных систем может быть правильно описана и рассчитана при помощи теоретических методов вероятностей и теории случайных процессов [25, 20-21-с.].

Под эксплуатационной надежностью понимается свойство объекта выполнять заданные функции, при этом сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах в любой момент его эксплуатации [88; 3-4-с.].

К настоящему времени выполнен ряд работ освещающих вопросы надежности каналов, закрытого горизонтального и вертикального дренажей. Но надежность работы открытого горизонтального дренажа изучена в недостаточной степени.

Эксплуатационная надежность открытой коллекторно-дренажной сети - это поддержание технического состояния системы, при котором обеспечивается нормальная работа системы дренажа и прогнозный мелиоративный режим на орошаемых землях [39, 86-с.].

Критериями условий оценки требуемой эксплуатационной надежности открытой КДС является своевременный отвод (своевременная сработка нагрузки на дренаж) дренажных вод в характерные периоды гидрологического года, при котором обеспечивается оптимальный мелиоративный режим почв.

Эксплуатационная надежность относительно к существующим системам, в случае открытого горизонтального дренажа, главным образом определяется значениями удельной протяженности и глубины дрен.

Эксплуатационную надежность дренажных систем нельзя рассматривать в отрыве от водообеспеченности и качества оросительной воды [39, 87-с.]. В современных условиях нарастающего дефицита поливной воды в республике,

устанавливаются лимиты на орошающие земли. В связи с этим основной функцией дренажа является дренирование необходимых объемов фильтрационных вод из оросителей и инфильтрационных вод из орошаемых территорий. Она может осуществляться при других его основных параметрах, отличающихся от проектных или расчетных соответствующих оптимальному мелиоративному режиму. Поэтому под эксплуатационной надежностью открытого горизонтального дренажа в процессе практической эксплуатации, следует понимать поддержание, такого технического уровня системы (значение основных технических параметров системы) при котором, при определенной водообеспеченности создается наиболее благоприятный мелиоративный эффект дренажных систем. Такой принцип позволяет по иному подойти к решаемой задаче [39, 88-90-с.].

Одним из основных понятий теории надежности является отказ. Отказом называется явление, после которого наступает одно из недопустимых предельных состояний; это событие, при котором система полностью или частично утрачивает работоспособность [39, 91-с.].

Отказы бывают постепенные и внезапные.

Постепенные отказы КДС являются результатом медленного воздействия различных факторов по истечению какого-либо отрезка времени (t), при этом медленно снижается дренированность и через определенное время наносится ущерб урожаю [39, 92-93-с.].

Внезапные отказы происходят вследствие установки перемычек на КДС, размывы или оплывания откосов прекращается отток грунтовых вод, дренированность земель на определенном участке равняется нулю.

Отказы в разных почвенно-мелиоративно-гидрогеологических условиях происходят по-разному.

Исследования закономерности снижения работоспособности КДС и их методики прогноза выполнены на основании анализа материалов и содержащегося в службах эксплуатации, проектных проработках и литературных источниках, путем систематизации и

обобщения [71, 28-с.]. К анализу подвержены материалы объемов ремонтно-восстановительных работ на открытой КДС. При расчете были использованы методы математической статистики и теории вероятностей [71, 29-с.]. Путем обобщения и анализа литературных источников, материалов НИИИВП и ОАО «Узсуввойиха» выполнена типизация почвогрунтовых профилей с целью исследования устойчивости откосов КДС.

Для предотвращения оплывания русла коллектора ВЖД-Обводной и обеспечения возможности заглубления коллектора до проектных отметок, было организовано строительство «отсечных» дрен вдоль русла коллектора, так как коллектор работает не только как отводящий тракт, но и как одиночная дрена.

Отсечные дрены в основном используются для защиты орошаемых земель, гидротехнических сооружений, оросительных сетей, жилых местностей и дорог от неконтролируемого стока, а также для отвода воды. В засушливых районах открытые отсечные дрены могут действовать как инфильтрационные и водоудерживающие траншеи [114, 24-25-с.].

Отсечные поверхностные дрены служат для предотвращения беспрепятственного стока воды по откосам выемок и насыпей. Отсечные дрены перехватывают большой объем притока грунтовых вод, а также фильтрующейся воды из оросительных участков, снижая тем самым нагрузку на откос коллектора.

В данной работе отсечные дрены закрытого типа запроектированы вдоль коллектора, чтобы перехватывать подземный сток и безопасно отводить его в коллектор. Большая глубина коллектора при высоком стоянии уровней грунтовых вод на прилегающих землях, определяет недопустимые для лёгких грунтов градиенты напора, вызывающие механическую супфозию грунтов на откосах. Рассчитанные отсечные дрены перехватывают часть притока. Градиенты напора уменьшаются, в результате чего предотвращается оплывание откосов. В высотном отношении дрены предусмотрены таким образом, чтобы уровни воды в дренах были на 0,5 м выше уровней воды в русле коллектора. Так как

расход в дренах не большой по сравнению с коллектором, глубина дрен намного меньше, чем в коллекторе. Дрены подключены к собирателям, впадающим в ВЖД-Обводной, а также на участках, где собиратели отсутствуют, дрены впадают непосредственно в ВЖД-Обводной. Устьевое сооружение служит переездом для проезда по берме коллектора. Параметры отсечных дрен приняты следующие: наружный диаметр дрены – 200 мм, внутренний – 176 мм, коэффициент шероховатости $n=0,015$, глубина заложения дрен от 2,0 до 3,0 м. Суммарная протяжённость дрен 4,3 км. Гидравлические элементы всех отсечных дрен приведены в таблице 4.2.1.

Таблица 4.2.1

Гидравлические элементы отсечных дрен на коллекторе ВЖД-Обводной

№	L, м	Q, л/с	D, мм	i	n	h, м	V, м/с
1	149	2,24	200	0,0009	0,015	0,074	0,23
2	164	2,46	200	0,00068	0,015	0,085	0,21
3	163	2,44	200	0,0007	0,015	0,083	0,21
4	272	4,08	200	0,0006	0,015	0,122	0,23
5	271	4,06	200	0,0009	0,015	0,105	0,27
6	300	4,50	200	0,0009	0,015	0,113	0,27
7	394	5,91	200	0,0009	0,015	0,14	0,28
8	341	5,11	200	0,0009	0,015	0,124	0,28
9	227	3,40	200	0,0005	0,015	0,114	0,20
10	276	4,14	200	0,0006	0,015	0,123	0,23
11	390	5,85	200	0,0008	0,015	0,148	0,27
12	247	3,70	200	0,0005	0,015	0,121	0,21
13	312	4,68	200	0,0005	0,015	0,151	0,21
14	284	4,26	200	0,0005	0,015	0,136	0,21
15	272	4,08	200	0,0005	0,015	0,131	0,21
16	302	4,53	200	0,0005	0,015	0,145	0,21

Проектирование и строительство отсечных дрен осуществлялось на участке протяженностью 4,343 км – с ПК18+13 до ПК61+56. Расположение дрен по отношению к руслу коллектора определяется следующим образом: ширина бермы коллектора 5,0 м, за бермой располагается отвал грунта выемки при разработке русла коллектора, за кавальером предусмотрена резервная полоса земли, необходимая для перемещения отвалов при

механизированных очистках коллектора и дрен, за полосой расположен отвал грунта дрены, затем берма дрены, русло дрены, берма и снова отвал. Расположение дрен показано на чертежах (рис. 4.2.1).



Рис. 4.2.1. Схема расположения отсечных дрен

Такое стеснённое размещение объясняется необходимостью уменьшения размеров отчуждения земель.

Гидравлические расчёты русла приведены на продольном профиле (Приложение 2. рис. 3). Расчетный устьевой расход коллектора ВЖД-Обводной составил $4,2 \text{ м}^3/\text{с}$. Расход определён исходя из следующего: дренажный модуль – $0,132 \text{ л/с/га}$; сбросной модуль – $0,083 \text{ л/с/га}$; суммарный модуль – $0,215 \text{ л/с/га}$; коллектор на всей протяжённости проходит по орошающей территории, в связи с чем он работает, как дрена: по расчётом удельный приток составляет $0,0979 \text{ л/с/га}$; таким образом, суммарный расход определён по следующей формуле

$$(q_{\text{сум}} \cdot \omega) + (q_{\text{прит}} \cdot L) = 4,2 \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.2.1)$$

где, $q_{\text{сум}}$ – суммарный модуль, л/с/га

$q_{\text{прит}}$ – удельный приток, л/с/га

ω – подвешенная площадь, га

L – протяженность коллектора, м

Расходы по гидравлическим участкам показаны на продольных профилях. Основные параметры коллектора составили:

ширина по дну в устье 3,0 м, скорости течения воды изменяются от 0,4 до 0,65 м/с, заложение откосов $m=2,5$.

Расчёт отсечных дрен выполнен по формуле Дюпюи для несовершенных дрен:

$$Q = \frac{K \cdot L}{2} \left(\frac{h_1^2}{R_1} + \frac{h_2^2}{R_2} + \frac{2 \cdot \pi S}{\ln \frac{2T}{\pi d} + \frac{\pi R_1 \cdot R_2}{T(R_1 + R_2)}} \right) \quad (4.2.2)$$

где, Q – приток к дрене, $\text{м}^3/\text{сутки}$;

K – коэффициент фильтрации, $\text{м}/\text{сутки}$;

L – длина дрены, м; принята равной 1,0 м (удельный приток);

h – глубина воды в дрене, м;

S – понижение динамического уровня, м;

T – расстояние от дна дрены до водоупора, м;

d – диаметр дрены, м;

R – радиус влияния, определяется следующим образом:

$$R = \frac{H \left(K \left(1 - e^{-6Wt/H\mu} \right) \right)^{0,5}}{2W} \quad (4.2.3)$$

где, W – коэффициент инфильтрации, $\text{м}/\text{сут}$

Радиус влияния проверен по зависимости:

$$R = 2H(K \cdot H)^{0,5}$$

По результатам расчётов удельный приток к дрене составил 0,1 л/с на 1 п.м.

Натурные и теоретические исследования по установлению закономерностей отказов, интенсивности заиления КДС и факторов, снижающих их работоспособность, проводились для существующего типа почвогрунта.

Учитывая, что отказы открытой КДС зависят от множества факторов и при прочих равных условиях их можно рассматривать как случайные величины.

Для установления закономерностей отказов и интенсивности заиления КДС производится статистическая обработка данных (случайных величин) по мехочистке и заиленнию дрен.

Эмпирическое распределение случайной величины представляется либо в табличной форме, либо графически. Однако,

необходимо знать цифровую характеристику распределения в более сжатой, компактной форме. Таких характеристик математическая статистика используются два вида:

- Положения центра рассеивания. Под центром рассеивания понимается тот интервал значений случайной величины, в котором она повторяется с наибольшей частотой. Иными словами, это некоторое среднее значение случайной величины, вокруг которых происходит более или менее плотное ее группирование.

- Характеристика рассеивания (мера колеблемости или изменчивости) случайной величины. Рассеивание характеризует насколько разбросана случайная величина около центра группирования. Оба вида характеристик называются статистическими мерами.

Характеристика положения центра рассеивания – среднее арифметическое вариационного ряда определено по формуле:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (4.2.4)$$

где: n – объем ряда.

Одно из важных характеристик вариационного ряда – мода, представляет собой наиболее вероятное значение случайной величины. Моду практически определяют как значение среднего интервала, в котором частота или частость наибольшая, на полигоне частот его вершина.

Для характеристики эмпирического распределения случайной величины определения, только средне-арифметической и моды недостаточно, так как два таких распределения, с одинаковыми средними, могут иметь совершенно различные формы [25, 28-29-с.].

Характеристики рассеивания служат для определения этого свойства случайной величины. Характеристика рассеивания или разброса случайной величины следующие: размах рассеивания (разброса) – R ; среднеквадратическое отклонение или стандарт – σ ; дисперсия – σ^2 и коэффициент вариации – V .

Размах определяется по формуле:

$$R = X_{max} - X_{min} \quad (4.2.5)$$

Среднеквадратическое отклонение определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (4.2.6)$$

Дисперсия

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (4.2.7)$$

Коэффициент вариации характеризует величину среднеквадратического отклонения в процентах от среднеарифметического и поэтому удобен для сравнения эмпирического распределения по величине их относительного рассеивания.

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad (4.2.8)$$

Для значительного уменьшения времени статистической обработки на практике используется выборочное наблюдение.

Выборочное наблюдение должно дать возможность, не прибегая к сплошному обследованию, получить указанные обобщающие показатели, которые правильно бы отражали характеристики всей генеральной совокупности.

Представительность выборочной совокупности оценивалася размером средней ошибки выборочной средней равной корню квадратному из дисперсии признака, деленной на численность выборочной совокупности [90; 6-8-с.]:

$$\mu_x = \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}} \quad (4.2.9)$$

Для наглядного представления распределения вероятностей строили полигоны распределения вероятностей, который имеют вид ломаных линий [25, 29-с.].

Если заменить полигональную линию плавной кривой, которая возможно ближе выражала бы изучаемую ломаную линию, эта кривая будет называться кривой вероятностей.

Необходимо знать соотношение между возможными значениями случайной величины и их вероятностями, которое называется теоретическим законом распределения случайной величины [68; 123-с.].

По графическому изображению вариационного ряда предполагается подчинение эмпирического распределения случайных величин к какому-нибудь теоретическому закону распределения случайных величин, по соответствующим приемам и критериям проверяется согласие эмпирического распределения с предлагаемой теоретической [25, 30-с.].

§4.3. Моделирование водозаборов в полуограниченном пласте в целях управления мелиоративным режимом в окрестности открытого горизонтального дренажа

При моделировании водозаборов в «полуограниченном пласте», расчеты водозаборов производятся по формулам, которые легко составляются для одной или первой фазы фильтруемой жидкости, пользуясь сложения фильтрационных течений. Эти формулы получены как предельные, при рассмотрении методики расчета водозаборов в полуограниченных водоносных пластах с учетом частичного их осушения в области выхода на поверхность.

Представляются эти водозаборы в следующем виде (рис. 4.3.1.).

Для одиночной скважины:

$$S = -\frac{Q}{4\pi km} [Ei(-\alpha_0) - E(-\alpha')] \quad (4.3.1)$$

или для группы любым образом расположенных взаимодействующих скважин:

$$S = -\frac{Q_0}{4\pi km} [Ei(-\alpha_0) - E(-\alpha')] - \frac{Q_{cym}}{4\pi km} \sum_{i=1}^n \beta_i [Ei(-\alpha_i) - Ei(\alpha'_i)] \quad (4.3.2)$$

В этих формулах

$$\alpha_i = \frac{r_i^2}{4at} \quad \alpha'_i = \frac{\rho_i^2}{4at}$$

где r – расстояние точки, в которой определяется понижение уровня S , до реальной скважины;

ρ – то же до зеркального отображения скважины.

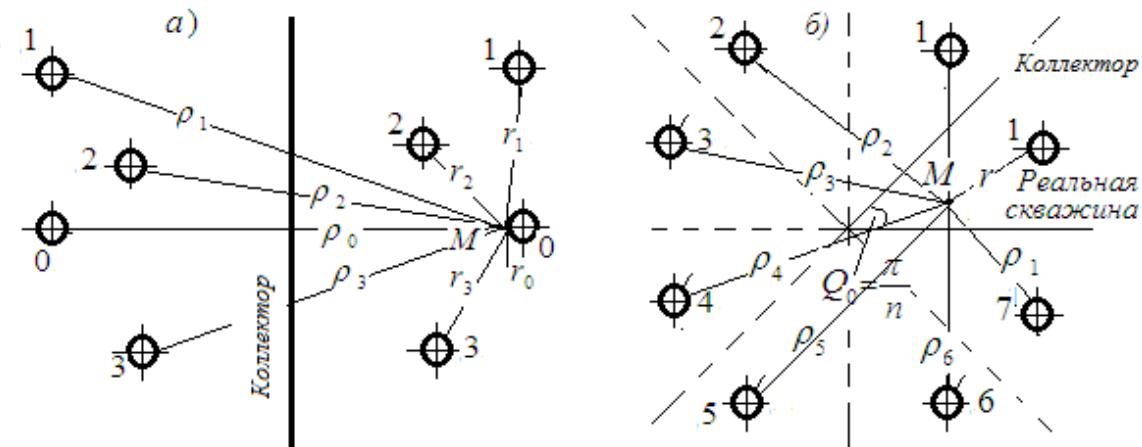


Рис. 4.3.1. Схемы к расчету скважин вблизи открытого коллектора в долинах весьма значительных поперечных размеров

- а) берег русла коллектора прямолинейный (полуограниченный пласт);
- б) берег русла схематически представляется в виде угла (пласт-угол)

При определении понижения уровня в одной из скважин принимаются следующие обозначения:

r_0 – радиус скважины, в которой определяется понижение уровня;

ρ_0 – расстояние от этой скважины до ее зеркального отображения;

r_i и ρ_i – расстояния от той же скважины соответственно до всех взаимодействующих с ней реальных скважин и их зеркальных отображений;

$Q_0, Q_i (i = 1, 2, \dots, n)$ – расход каждой скважины.

$Q_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n Q_i$ – суммарный расход всех скважин

$$\beta_i = \frac{Q_i}{Q_{\text{сум}}} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

где n – число взаимодействующих скважин.

Значок показывает, что из суммы исключается скважина, в которой определяется понижение уровня.

При длительных откачках, когда $\frac{\rho_{i \max}^2}{4at} \prec 0,05 - 0,1$, из зависимости

(2) получаем хорошо известную формулу Форхгеймера для стационарных условий:

$$S = \frac{Q_0}{2\pi km} \ln \frac{\rho_0}{r_0} + \frac{Q_{\text{сум}}}{4\pi km} \sum_{i=1}^n \beta_i \ln \frac{\rho_i}{r_i} \quad (4.3.3)$$

При откачке из одной скважины второй член в правой части уравнений (2) и (3) исключается, а при определении уровня в точке, удаленной от всех скважин, первый член выпадает. В связи с извилистостью береговой линии коллектора и наличием меандров нередко бывает целесообразно принимать в схеме контур пласта в виде некоторого угла (рис. 4.3.1-б). В этом случае, если считать угол равным

$$\theta = \frac{\pi}{n}$$

где n — целое положительное число ($n = 1, 2, 3, \dots$).

Тогда формула для расчета группы любым образом расположенных взаимодействующих скважин может быть выражена следующим образом:

$$S = -\frac{Q_0}{4\pi km} Ei(-\alpha) + \frac{Q_{\text{сум}}}{4\pi km} \sum_{i=1}^{2n-1} (-1)^i Ei(-\alpha'_i) \quad (4.3.4)$$

Эта формула получается из решения, данного М.М.Гылыбовым

[71, 29-30-с.]. При $n=1$ она становится идентичной формуле (1) (для одиночной скважины, т.е. без суммы в правой части), а при $n=2$, $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$, кроме реальной скважины следует учитывать три зеркальных отображения, что соответствует схеме «пласта-квадранта».

При длительных откачках вместо формулы (4) имеем:

$$S = \frac{Q_0}{2\pi km} \ln \frac{\rho_1 \cdot \rho_3 \cdots \rho_{2n-1}}{r_0 \cdot \rho_2 \cdots \rho_{2n-2}} \quad (4.3.5)$$

Линейный ряд скважин, весьма значительной протяженности. При большом числе скважин, расположенных параллельно открытого коллектора в удалении от него на расстоянии L , для

расчета можно использовать зависимость, получающуюся при замене реального ряда скважин галереей с погонным расходом

$$q_0 = \frac{Q_{\text{сум}}}{2l}$$

где $Q_{\text{сум}}$ — суммарный расход скважин;

l — полудлина галереи.

При этом, используя известное решение из теории теплопроводности для бесконечной линейной системы постояннодействующих источников и применяя зеркальное отображение, получим:

$$S = \frac{Ql}{2km\sigma} \sqrt{F_0} \left(ierfc \frac{|1-\bar{x}|}{2\sqrt{F_0}} - ier \frac{1+\bar{x}}{2\sqrt{F_0}} \right) \quad (4.3.6)$$

$$\bar{x} = \frac{x}{L}, F_0 = \frac{at}{L^2}$$

При длительных откачках формула (6) принимает следующий вид:

$$S = \frac{Qx}{2km\sigma} \quad (4.3.7)$$

При определении понижения уровня непосредственно в скважинах ряда, а также в точках, отстоящих от ряда в глубь берега, при $x \geq L$

$$S = \frac{QL}{2km\sigma} \quad (4.3.8)$$

Для определения понижения уровня в скважинах ряда к выражению (3.3.8) следует добавить величину дополнительного сопротивления, определяемого в зависимости от размеров скважин, степени их несовершенства и расстановки в пределах ряда. При этом получим:

$$S = \frac{Q}{2km\sigma} \left(\frac{\pi l}{\sigma} + \ln \frac{\sigma}{\pi r_0} + \zeta \right) \quad (4.3.9)$$

где ζ — поправка на несовершенство скважины;

r_0 — радиус скважины.

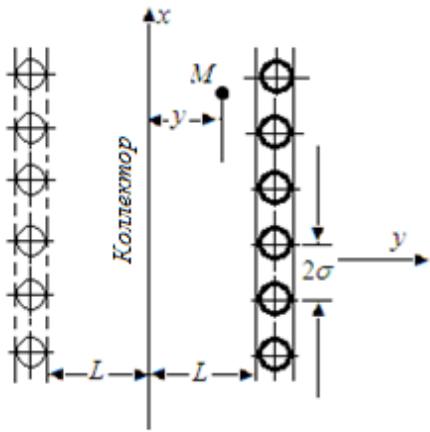


Рис. 4.3.2. Схема расчета линейного ряда скважин вблизи коллектора

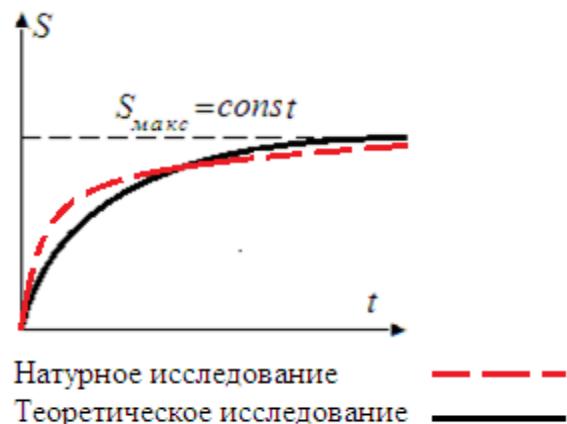


Рис. 4.3.3. График понижения уровня при откачке из скважин вблизи коллектора

Во всех приведенных здесь формулах: σ - половина расстояния между скважинами ($\sigma = \frac{l}{n-1}$, l - половина длины ряда, n - общее число скважин).

При действии береговых водозаборов фильтрация со временем приобретает установившийся характер, кривая изменения уровня подземных вод в этих условиях довольно быстро выпадает и становится параллельной оси абсцисс (рис. 4.3.2). В соответствии с этим прогнозы на длительные эксплуатационные периоды практически следует производить по формулам (4.3.3, 4.3.5 и 4.3.7 - 4.3.9) для стационарного потока.

При устройстве крупных водозаборов подземных вод в долинах с постояннодействующим речным стоком часто возникает вопрос о том, в какой мере эксплуатация таких водозаборов может отразиться на общем водном балансе коллектора.

Для выявления некоторых общих закономерностей рассмотрим простейшую схему фильтрации при откачке из скважины вблизи коллектора с учетом естественного берегового потока подземных вод.

Составим следующее уравнение:

$$S = S_{\text{скв}} + S_e = -\frac{Q}{4\pi km} Ei\left(-\frac{r^2}{4at}\right) + Ei\left(-\frac{\rho^2}{4at}\right) + \frac{q_\sigma}{km}$$

где q_σ - бытовой расход подземного потока

$$r^2 = y^2 + (x_0 - x)^2$$

$$\rho^2 = y^2 + (x_0 + x)^2$$

Составляющая скорости фильтрации по координате x

$$g_x = -k \frac{\partial S}{\partial x} = \frac{Q}{2\pi m} \left(\frac{x_0 - x}{r^2} e^{-\frac{r^2}{4at}} + \frac{x_0 + x}{\rho^2} e^{-\frac{\rho^2}{4at}} \right) - \frac{q_\sigma}{m} \quad (4.3.10)$$

Здесь m - мощность пласта. При более или менее длительных откачках (когда $\frac{\rho^2}{4at} \prec 0,05 - 0,1$) формируется квазистационарный режим фильтрации и можно принимать

$$g_x \approx \frac{Q}{2\pi m} \left(\frac{x_0 - x}{r^2} + \frac{x_0 + x}{\rho^2} \right) - \frac{q_\sigma}{m} \quad (4.3.11)$$

Приравнивая нулю это выражение, нетрудно получить координату точки разветвления потока, через которую проходит линия, ограничивающая область питания скважины. При этом можно представить себе такие случаи [71, 30-31-с.]:

1. Расход скважины целиком обеспечивается фильтрацией из коллектора (рисунок 4.3.4-а).

2. Расход скважины обеспечивается притоком подземных вод только со стороны берега (рисунок 4.3.4-б). Раздельная точка (максимум кривой депрессии) находится между скважиной и коллектором. Координаты раздельной точки:

$$x_m = \sqrt{x_0 \left(x_0 - \frac{Q}{\pi q_\sigma} \right)} \quad y_m = 0, \quad Q \prec \pi x_0 q_\sigma \quad (4.3.12)$$

3. Расход скважины обеспечивается береговым потоком, но раздельная точка смещается к коллектору (касается ее, рисунок 4.3.4-в).

$$y_m = x_m = 0, \quad Q = \pi x_0 q_\sigma \quad (4.3.13)$$

4. Расход скважины обеспечивается береговым потоком подземных вод и фильтрацией из открытого коллектора (рисунок 4.3.4-г). В данном случае образуются две раздельные точки, координаты которых:

$$x_m = 0, y_m = \sqrt{x_0 \left(\frac{Q}{\pi q_\sigma} - x_0 \right)} Q \succ \pi x_0 q_\sigma \quad (4.3.14)$$

Через раздельную точку проходит так называемая раздельная или «нейтральная» линия тока, ограничивающая область питания скважины. Уравнение функции тока ψ легко получить из (4.3.11), используя известное соотношение Даламбера–Эйлера:

$$\psi = - \int \vartheta_x dy = \frac{Q}{2\pi} \left(\operatorname{arctg} \frac{y}{x_0 - x} + \operatorname{arctg} \frac{y}{x_0 + x} \right) - q_\sigma y + C \quad (4.3.15)$$

Полагая $\psi = 0$ при $x = 0$, получаем $C = 0$. Тогда, задаваясь любым значением y и $\psi = \frac{Q}{2}$, можно из (4.3.15) найти координаты x раздельной линии тока.

Величина расхода коллектора Q_κ определяется по тому же выражению (4.3.15):

$$Q_\kappa = 2m \int_0^{y_m} \vartheta_x \Big|_{x=0} dy$$

Подставляя сюда значение ϑ_x по (4.3.10), получим интеграл:

$$Q_\kappa = \frac{2Q}{\pi} \int_0^{y_m} \frac{e^{-\frac{1+z^2}{4at}}}{1+z^2} dz - 2q_\sigma y_m \quad (4.3.16)$$

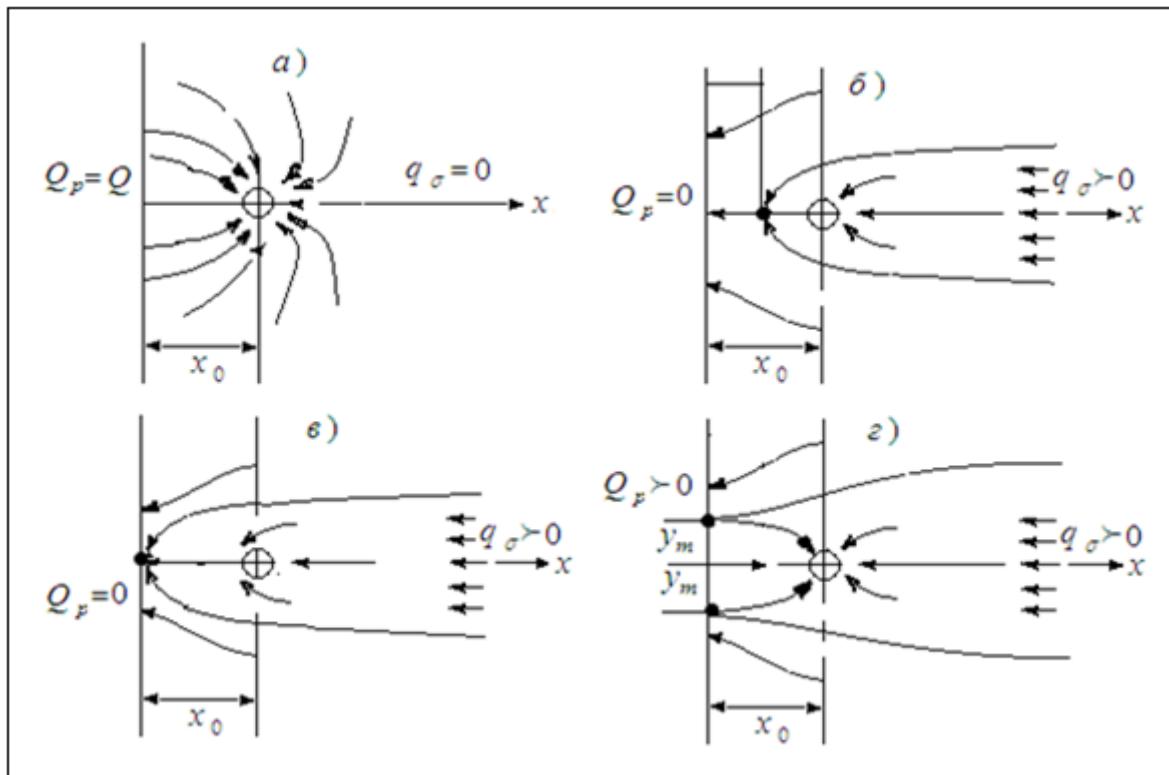


Рис. 4.3.4. Миграция течений к скважине вблизи коллектора

В первой схеме, при $q_\sigma = 0$ (рисунок 4.3.4-а), теоретически фильтрация из открытого коллектора происходит на фронте бесконечно большой протяженности ($y_m = \infty$).

В этом случае следует, учитывать, что в реальных условиях фильтрация из коллектора может осуществляться лишь на ограниченных участках. Это связано с извилистостью русел, их заиленностью и частой сменой водопроницаемых русловых отложений водоупорными породами.

При длительных откачках, пользуясь в качестве исходной формулой (4.3.11), можно получить следующее выражение для расхода коллектора [71, 31-с.]:

$$Q_\kappa = \frac{2Q}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{y_m}{x_0} - 2q_\sigma y_m \quad (4.3.17)$$

Здесь y_m определяется по формуле (4.3.14). Ширина «зоны захвата» берегового потока $B = 2y_m$ находится из следующего балансового соотношения;

$$Q_\kappa = \frac{2Q}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{y_m}{x_0} + 2(B - y_m)q_\sigma$$

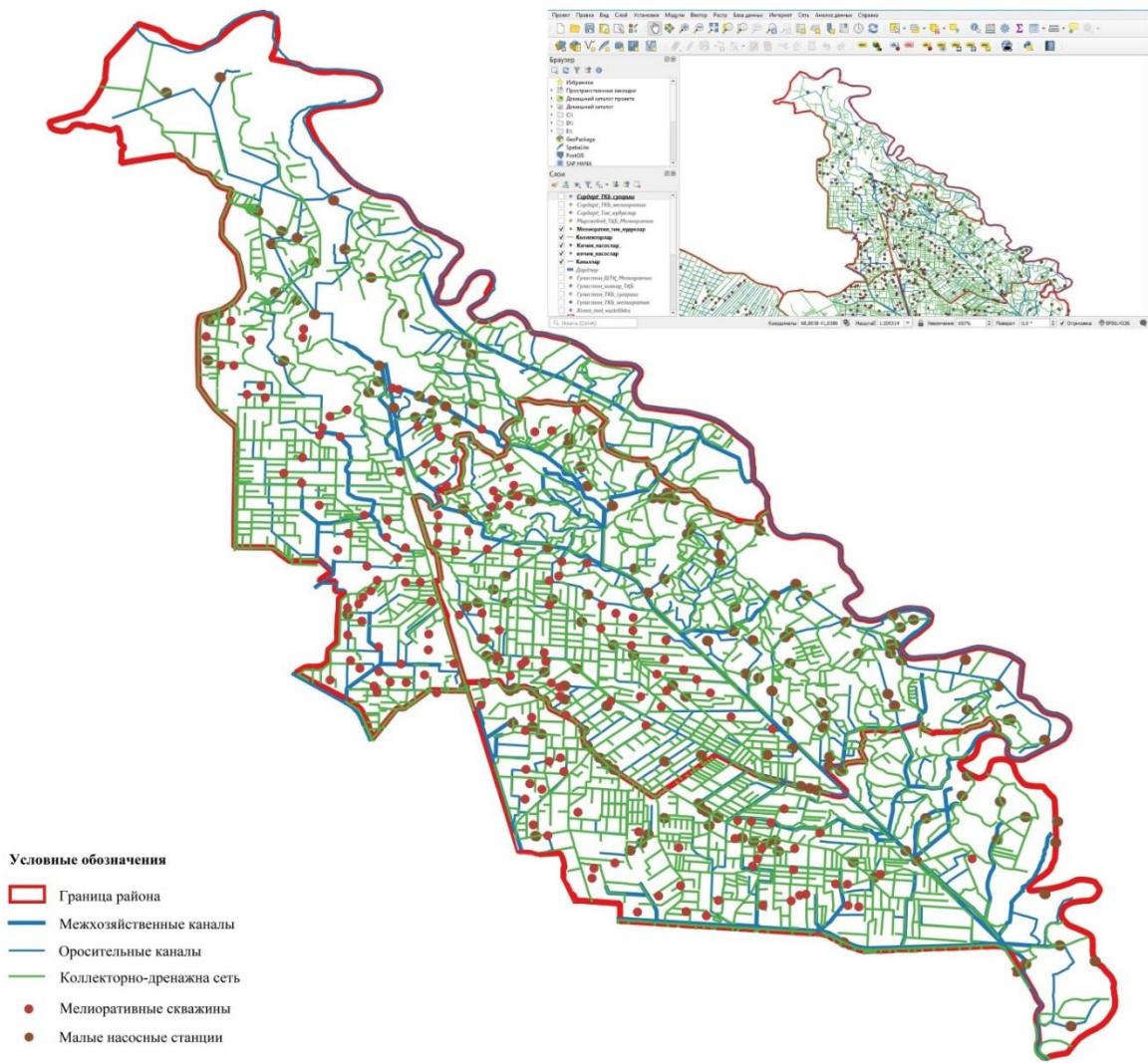


Рис. 4.3.5. ГИС карта, с расположением существующих скважин в Шурузякском массиве

Решая это последнее уравнение относительно B , получаем:

$$B = \frac{Q}{\pi q_\sigma} \operatorname{arctg} \frac{x_0}{y_m} + y_m \quad (4.3.18)$$

$$Q_\kappa = Q \operatorname{erfc} \left(\frac{1}{2\sqrt{F_0}} \right) \quad (4.3.19)$$

На примере расчета по формулам (4.3.14), (4.3.18) и (4.3.19) видно, что доля коллекторно-дренажных вод в общем расходе скважины может быть весьма существенной.

По имеющимся данным Мелиоративной экспедиции и натурных исследований создана карта расположения скважин вертикального дренажа, а также их параметров и технических характеристик (рис. 4.3.5). ГИС карта с данными по скважинам

выполнена в программе QGIS 3.22 для расчетной местности. Для расчета выведенных уравнений используем данные приведенные в базе ГИС карты.

Используя данные расположенных скважин (x_0, Q, q_σ) и подставляя их в вышеуказанные уравнения рассчитываем Q_κ, y_m и B . Полученные результаты сводим в таблицу (табл. 4.3.1).

Таблица 4.3.1.

Результаты расчета Q_κ, y_m и B при некоторых значениях x_0, Q, q_σ .

№	$x_0, м$	$Q, м^3/сутки$	$q_\sigma, м^2/сут$	$y_m, м$	$B, м$	$Q_p, м^3/сутки$	$(Q_p/Q) \cdot 100\%$
1	50	1000	0,2	279	981	786	78
2	50	1000	0,6	156	645	625	62
3	50	1000	1,0	117	494	518	51
4	200	826	0,2	472	1997	427	52
5	200	826	0,6	218	1071	184	22
6	200	826	1,0	112	722	8	10

Из таблицы видно что, при откачке из группы взаимодействующих скважин, любым образом расположенных вблизи открытого горизонтального дренажа, оценку баланса с выявлением отдельных составляющих источников, которыми обеспечивается расход скважин, наиболее надежно можно производить путем построения фильтрационных сеток (графически или на основе моделирования) с использованием метода сложения течений.

Однако при небольшой длительности откачек (и значительных расстояниях скважины от коллектора) результаты расчетов по приведенным формулам (4.3.1) и (4.3.3) оказываются практически близкими к результатам, получаемым по формулам для неограниченного пласта. Продолжительность этого периода t_k находится по следующему соотношению [71, 31-32-с.]:

$$t_k \leq \lambda \frac{\rho^2}{a} \quad (4.3.20)$$



Рис. 4.3.6. График $\lambda = f\left(\frac{r^2}{4at}\right)$

Здесь $\lambda = f\left(\frac{r^2}{4at}\right)$ определяется по графику, изображенному на рис.3.15.

При моделировании водозаборов в полуограниченном пласте в целях управления мелиоративным режимом окрестности открытого коллектора, а также расчетах береговых водозаборов во всех рассмотренных схемах, в том числе в тех, где расход водозабора обеспечивается целиком притоком подземных вод со стороны береговой линии, необходимо учитывать влияние открытого коллектора.

Понижение уровня под действием откачки из скважин в таких условиях теоретически должно происходить во всех точках пласта, не только в «зоне захвата», ограничивающейся нейтральной линией тока, но и за ее пределами вплоть до коллектора (хотя фильтрации из последней не возникает).

Выводы по четвертой главе

1. Для анализа практического повтора ремонтно-восстановительных работ и интенсивности заиления открытой дренажной сети произведена статистическая обработка путем обобщения и анализа многолетних данных, в результате чего наибольшее значение (M_0) частоты очистки составило 2,5 лет, а интенсивности заиления 20 см/год.

2. Определено фактическое, а также рассчитано логонормальное определения периодичности ремонтно-восстановительных работ и интенсивности заиления открытого горизонтального дренажа.

3. Используя параметры логарифмически-нормального распределения рассчитано распределение интенсивности заиления системы открытого дренажа, а также прогноз возможного слоя заиления. С вероятностью $f(x) = 0,5$ можно сказать, что толщина заиления на грунтах слоистого строения облегчающейся к низу и составляет в среднем 15-25 см/год на не гипсованных легких и средних суглинках.

4. Для предотвращения оплывания русла коллектора ВЖД-Обводной и обеспечения возможности заглубления коллектора до проектных отметок, было организовано строительство «отсечных» дрен. Приняты следующие параметры отсечных дрен: наружный диаметр дрен - 200 мм, внутренний - 176 мм, коэффициент шероховатости $n=0,015$, глубина заложения дрен от 2,0 до 3,0 м.

5. Расчет отсечных дрен выполнен по методике Дюпюи в результате чего удельный приток к дрене составил 0,1 л/с на 1 п.м.

6. Выполненное математическое моделирование водозаборов в полуограниченном пласте в целях управления мелиоративным режимом в окрестности открытого горизонтального дренажа показало, что при моделировании водозаборов в долинах значительной ширины или «полуограниченном пласте», расчеты водозаборов производятся по формулам, которые легко составляются для фильтруемой

жидкости, пользуясь сложения фильтрационных течений. Эти формулы получены как предельные, при рассмотрении методики расчета водозаборов в полуограниченных водоносных пластах с учетом частичного их осушения в области выхода на поверхность.

7. Понижение уровня под действием откачки из скважин в теоретически должно происходить во всех точках пласта, не только в «зоне захвата», ограничивающейся нейтральной линией тока, но и за ее пределами вплоть до коллектора.

Заключение

1. В результате проведенных инженерно-геологических исследований откосов коллектора ВЖД-Обводной выявлено, что в геолого-литологическом строении представлены желтовато-серые аллювиальные супеси, что характеризует их плыжными грунтами. Большая глубина коллектора (3-5 м) при высоком стоянии уровней грунтовых вод на прилегающих землях, определяет недопустимые для лёгких грунтов градиенты напора, вызывающие механическую супфозию грунтов на откосах.

2. Определено, что от гранулометрического состава грунтов зависит как дренирующая способность дрен, так и устойчивость откосов. Корреляционная зависимость между оплыванием откосов, эффективного диаметра частиц грунта и заилиения КДС составила 0,73 и 0,74 соответственно.

3. В результате оплывания откосов и размывов русла при сбросах поливных вод с полей, расположенных вплотную к коллектору образовано 20 промоин по берегам коллектора. Для предотвращения оплывания русла ВЖД-Обводного и обеспечения возможности заглубления коллектора до проектных отметок, выполнено научное обоснование строительства отсечных дрен вдоль русла коллектора.

4. На основании теоретических и практических исследований приняты следующие параметры закрытых отсечных дрен: наружный диаметр дрены – 200 мм, внутренний – 176 мм, коэффициент шероховатости $n=0,015$, глубина заложения дрен от 2,0 до 3,0 м.

5. Определено, что после строительства отсечных дрен, протяженностью 4,343 км, достигнуто улучшение мелиоративного состояния более 1500 га земель Сырдарьинского района, дополнительная площадь отчуждения составила 33,27 га. Благодаря улучшенной дренированности орошаемых земель среднегодовая отметка УГВ понизился на 16 см – с 230 см до 246 см, а также достигнуто увеличение урожайности хлопчатника на 10 ц/га.

6. Расчеты общего и частных водно-солевых балансов показали, что перед проведением ремонтно-восстановительных работ КДС показатель ΔW составил 736 м³/га, $\Delta C=5,9$ т/га, солеобмен в зоне аэрации составил 0,78 т/га, в корневой системе – 0,17 т/га. После строительства отсечных дрен эти показатели составили $\Delta W=-120$ м³/га, $\Delta C=-3,7$ т/га, солеобмен между грунтовыми водами и зоной аэрации составил -0,127 т/га, корневой системы – -0,03 т/га.

7. При помощи внедрения программы ГИС усовершенствована математическая модель влияния водозаборов в полуограниченном пласте, в результате чего выявлено, что понижение уровня под действием откачки из скважин в таких условиях теоретически должно происходить во всех точках пласта, не только в «зоне захвата», ограничивающейся нейтральной линией тока, но и за ее пределами вплоть до коллектора.

8. Установлено, что сроки и объемы механической очистки открытой КДС должны устанавливаться с учетом закономерности снижения их работоспособности, регулирования мелиоративных режимов в оптимальных пределах путем прогнозирования водно-солевого режима территории.

9. Результаты исследований могут быть использованы проектными организациями – при обосновании параметров конструктивных элементов и схемы расположения закрытого отсечного дренажа для открытой коллекторно-дренажной сети в условиях пльвунных грунтов, а также эксплуатационными службами – при оценке работоспособности, надежности и мониторинга состояния дренажа, обосновании периодичности ремонтно-восстановительных работ системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Республики Узбекистан от 28.01.2022 г. № УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы».
2. Указ Президента Республики Узбекистан от 10.07.2020 г. № УП-6024 «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы».
3. Постановление Президента Республики Узбекистан от 24.02.2021 г. № ПП-5005 «Об утверждении Стратегии управления водными ресурсами и развития сектора ирригации в Республике Узбекистан на 2021-2023 годы».
4. Постановление Президента Республики Узбекистан от 11.08.2020 г. № ПП-4801 «О неотложных мерах по эффективному использованию водных ресурсов и улучшению мелиоративного состояния земель в Джизакской и Сырдарьинской областях».
5. Постановление Президента Республики Узбекистан от 01.03.2022 г. № ПП-145 «О мерах по совершенствованию управления водными ресурсами и регулированию взаимоотношений между водопотребителями в низовом звене».
6. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 11.12.2019 г. № 981 «Об утверждении положения о порядке установления водоохраных зон и зон санитарной охраны водных объектов на территории Республики Узбекистан».
7. Абашев В.Д. Дренажный сток при осушении супесчаных почв //Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2005. - №. 6. - С. 87-90.
8. Аверьянов С.Ф. Вопросы обоснования дренажа орошаемых земель. В сб. Борьба с засолением орошаемых земель. М.: «Колос», 1967.
9. Алексеевский Н.И., Ободовский А.Г., Самохин М.А. Механизмы изменения уровней воды в реках //Эрозионные и русловые процессы. - 2005. -№. 4.-С. 216-237.

10. Амосова Л.Н., Ердаков Е.Е. Исторические аспекты развития дренажных систем //Ползуновский альманах. - 2017. - №. 2. - С. 51-54.
11. Анзельм К.А., Эсанбеков М.Ю. Влияние режима грунтовых вод на мелиоративное состояние орошаемых земель //Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. - 2016. - С. 67-69.
12. Аскаров Г.П., Иванов Е.С. Технология и организация ремонта мелиоративных гидротехнических сооружений. М.: «Колос», 1984.
13. Балун О.В. Эколого-экономически сбалансированное функционирование конструкций открытого дренажа в условиях Новгородской области //Мелиорация и водное хозяйство. - 2017. - №. 4. - С. 23-27.
14. Балун О.В., Яковлева В. А. Влияние конструкции открытого дренажа на уровень грунтовых вод тяжелых почв Новгородской области //Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2018. - №.2(51). С. 87-92.
15. Белоусова А. П. Оценка рисков подтопления территорий подземными водами при наводнениях //Водные ресурсы. - 2011. - Т. 38. - №. 1. - С. 30-38.
16. Бобарыкин Н. Д., Графова Е. Н., Латышев К. С. Расчет уровневого режима грунтовых вод в осушаемых массивах польдерных систем с учетом дренажа //Известия КГТУ. - 2011. - №. 20. - С. 32-39.
17. Бородычев В.В., Лытов М.Н. Алгоритм решения задач управления водным режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур //Мелиорация и водное хозяйство. - 2015. - №. 1. - С. 8-11.
18. Волобуев В.Р. Промывка и дренаж засоленных почв. В кн.: Проблема засоления почв и водных источников. М. Изд-во АН СССР. 1960.

19. Гаджиев Л.Г., Рустамов Я.И. Оценка надёжности коллекторно-дренажной сети по интенсивности отвода грунтовых вод //Мелиорация и водное хозяйство. - 2013. - №. 2. - С. 26-28.
20. Гнеденко Б.В., Хинчин А.Я. Элементарное введение в теорию вероятностей. М.: Наука. 1976.
21. Голованов А. И., Кошкаров С. И., Сухарев Ю. И. Влияние ирригации и дренажа на функционирование агроландшафтов (на примере низовий р. Сырдарьи) //Мелиорация и водное хозяйство. - 2004. - №. 4. - С. 11.
22. Громотович М.К., Лев В.Т. Дренаж на засоленных землях Узбекистана. «Мехнат». – Ташкент. 1987.
23. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике. Термины и определения.
24. ГОСТ 27.003-83 Выбор и нормирование показателей надежности.
25. Долидудко А.И. Повышение надежности эксплуатации открытой коллекторно-дренажной сети при улучшении мелиоративного состояния орошаемых земель. «Вестник мелиоративной науки». Коломна. -2021. -№ 3. -С. 19-30.
26. Долидудко А.И. Мелиоративный мониторинг орошаемых земель на основании применения ГИС технологий // Сборник научных трудов НИЦ МКВК. Ташкент. -2023. -№ 19, -С. 37-48.
27. Долидудко А.И., Рахимова М.Н. Планирование ремонтно-восстановительных работ открытого коллектора Шурузяк с целью улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель. Вестник Хорезмской академии Маъмуна. Хива. -2022. - № 1, -С. 62-66.
28. Долидудко А.И., Рахимова М.Н., Рахимов Н.Ш. Проблемы улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель в окрестности коллектора Шурузяк Сырдарьинской области. Электронный журнал «Столица Науки». - 2021, -№ 10. -С. 20-27.
29. Долидудко А.И., Умарова Ш. Transdisciplinary approach is only the effective way to tackle current wicked environmental problem

- //Международная научно-практическая конференция «Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений» Ташкент. -2018. -С. 349-353.
30. Домашенко Ю.Е., Васильев С.М. Моделирование и оценка поступления загрязняющих веществ в коллекторно-дренажный сток //Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. - 2016. - №. 2 С.22.
 31. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований), М.: - Колос, 1979.
 32. Духовный В.А. Орошение и освоение Голодной степи. М.: «Колос». 1973.
 33. Духовный В.А. Горизонтальный дренаж орошаемых земель. М.: «Колос». 1979.
 34. Духовный В.А. и др. Дренаж в бассейне Аральского моря в направлении стратегии устойчивого развития //НИЦ МКВК, Ташкент. -2004. С. 15-45.
 35. Желязко В.И. Осушение сельскохозяйственных земель с учетом мезоформы рельефа //Мелиорация. - 2019. - №. 1. - С. 17-23.
 36. Жук Г.П., Тарусенко Я.И, Шаталин В.С. Влияние водной расстильности на пропускную способность каналов. Гидротехника и мелиорация. М., № 6, 1984.
 37. Зубцев В.М., Вакар А.Е. О периодичности ремонта горизонтального дренажа. /Гидротехника и мелиорация. №2. 1987.
 38. Использование методов теории надежности в мелиорации. ФГУП ЦБНТИ Госстроя России, М. 2007.
 39. Икрамов Р.К. и др. Мелиоративный мониторинг и кадастр орошаемых земель. Ташкент. -2008.
 40. Капранов Ю.И., Эмих В.Н. Краевая задача о дренаже в инфильтрационной кайме пресных грунтовых вод над солеными //Прикладная механика и техническая физика. - 2004. - Т. 45. - №. 5. - С. 79-93.

41. Касьянов А. Е. Расчет дренажа линейных гидротехнических сооружений //Природообустройство. - 2016. - №. 4.
42. Кац Д.М. Гидрогеологическая классификация орошаемых районов Средней Азии. Изв. АН УзССР. №6. 1956.
43. Кащенко Н. М., Ковалев В. П. Расчет влагопереноса в почве при расчете параметров дренажа польдерных систем //Инновационные технологии в мелиорации (Костяковские чтения). М.: Изд. ВНИИА. - 2011. - С. 80-86.
44. Ковалев И. В. Сезонная динамика и состав дренажного стока в серых лесных оглеенных почвах //Мелиорация и водное хозяйство. - 2001. -№. 1. - С. 32-33.
45. Ковда В.А. Дренаж в борьбе с засолением орошаемых почв. – В кн. Применение дренажа при освоении засоленных земель. М.-Л. Изд-во АН СССР, 1958.
46. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М. – Сельхозгиз. 1960.
47. Крылов М.М. Основы мелиоративной гидрогеологии Узбекистана. Ташкент. Фан. 1977.
48. Лагутина Т. Б., Шалагинова Л. Н. Влияние разных видов дренажных систем длительного срока эксплуатации на режим осушения пойменных торфяных почв //Мелиорация и водное хозяйство. - 2016. - №. 6. - С. 42-46.
49. Леханова К. В., Новодзинский А. Л. Сравнение численных и аналитических методов расчета устойчивости грунтовых откосов //Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. - 2011. - №. 1.
50. Магрицкий Д. В. Годовой сток взвешенных наносов российских рек водосбора Северного Ледовитого океана и его антропогенные изменения //Вестник Московского университета. Серия 5. География. - 2010. - №. 6. С. 25-32.
51. Махмудов И.Э., Садиев У.А., Долидудко А.И. Развитие теории и методов определения депрессионной кривой при неустановившихся безнапорных фильтрационных течениях.

- «Сельское и водное хозяйство Узбекистана». Ташкент. -2020. - № 8. -С. 39-40.
52. Махмудов И.Э., Садиев У.А., Долидудко А.И. Решение задачи о течении фильтрационного потока аналитическими и численными методами. «Агроилм». Ташкент. -2020. -№ 6. -С. 67-69.
53. Митрахович А. И., Авраменко Н. М. О регулировании водного режима почв на осушенных землях с учетом экстремальных погодных условий //Мелиорация. - 2015. - №. 2. - С. 58-66.
54. Мирцхулава Ц.Е. О применении некоторых методов теории надежности в осушительной мелиорации. ГрузНИИГиМ. Сб.научн.тр. Тбилиси, 1983.
55. Мирцхулава Ц.Е. Надежность систем осушения./Агропромиздат. Москва. 1985.
56. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования. ШНК 2.06.03-12. Т. 2012.
57. Норкулов У. Изменения водно-солевого режима почвы под влиянием орошения и дренажа в условиях Голодной степи //advanced science. - 2018. - С. 77-79.
58. Норкулов У., Ахмурзаев Ш. И. Мелиоративная эффективность двухъярусного закрытого дренажа на сильнозасоленных и солончаковых гипсонасенных почвах //Актуальные проблемы современной науки. - 2018. - №.6.-С. 144-145.
59. Рамазанов А. О глубине дренажа на засоленных землях. Ирригация и мелиорация. Ташкент. - 2018. -№. 1. -С. 5-8.
60. Рамазанов А., Насонов В. Г. Совершенствование дренажа-залог повышения производительной способности засоленных почв //Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. - 2015. - №. 2. - С. 153- 157.
61. Рамазонов А., Вафоев С. О техническом состоянии существующих типов и мощности дренажа на орошаемых землях. “Irrigatsiya va melioratsiya” №2(15). Тошкент-2019. С 8-9

62. Рахимбаев Ф.М. Мелиоративное состояние орошаемых земель. Т.Узбекистан. 1980.
63. Саинов М. П. Методика расчета устойчивости откосов по пространственным поверхностям скольжения в виде эллипсоида вращения //Вестник МГСУ. - 2013. - №. 4.
64. Справочник проектировщика. Гидротехнические сооружения. Стройиздат. М. 1992.
65. ТЭО мелиоративных мероприятий Сырдарьинской области. Узгипроводхоз. Т. 1988.
66. Улучшение мелиоративного состояния земель и развитие орошения в зоне командования канала им. Кирова в пределах УзССР (Голодная степь)/ Реконструкция каналов коллектора Шурузяк. Узгипроводхоз. Ташкент. 1955.
67. Файзисв Х., Бабакасв С., Хажисв И., Норматов М.У., Ахмедов И.Г. Численное решение краевой задачи неустановившейся фильтрации в однородных фунтовых плотинах методом конечных разностей // “Arxitektura qurilish dizayn” журнали. - Тошкент. - 2013. - №.3. - Б. 52-55.
68. Хамраев Ш.Р., Долидудко А.И. Гидрохимические характеристики коллекторно-дренажных вод Сырдарьинской области // Наука и инновации в XXI веке: Актуальные вопросы, открытия и достижения: сборник статей XXVI Международной научно-практической конференции. МЦНС «Наука и Просвещение». Пенза. - 2021. -С. 122-124.
69. Хамраев Ш.Р., Долидудко А.И. Влияние открытой коллекторно-дренажной сети на мелиоративное состояние орошаемых земель // Сборник статей XXXIX международной научно-практической конференции «Актуальность.РФ». Москва. - 2021. -С. 122-124.
70. Хрисанов Н.И., Камбаров Б.А. Условия надежности закрытого дренажа. М.: Колос. 1978.
71. Худайкулов С.И., Долидудко А.И. Моделирование водозаборов в полуограниченном пласте в целях управления мелиоративным режимом окрестности открытого коллектора.

- «Мелиорация и водное хозяйство». Москва. -2021. № 5, -С. 28-32. DOI: 10.32962/0235-2524-2021-5-28-3.
72. Чембарисов Э.И. и др. К очистке коллекторно-дренажных вод орошаемых массивов Средней Азии //Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. - 2016. - №. 2. - С. 44-51.
 73. Чембарисов Э.И. и др. Минерализация и гидрохимический режим рек среднего течения р. Сырдарьи //Научно-практический журнал «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия». Новочеркасск.- 2016. - № 2. - С. 35-43.
 74. Чембарисов Э.И., Рахимова М.Н., Долидудко А.И. Гидрологический режим р. Сырдарьи // Проблемы управления речными бассейнами при освоении Сибири и Арктики в контексте глобального изменения климата планеты в XXI веке. Россия, Тюмень. -2017. -С. 59-62.
 75. Чембарисов Э.И., Рахимова М.Н., Долидудко А.И. Гидрологические и гидрохимические характеристики коллекторно-дренажных вод среднего течения бассейна р.Сырдарьи // Международная научно-практическая конференция “Гидрометеорология, изменение климата и мониторинг окружающей среды: актуальные проблемы и пути их решения”. Ташкент. -2021. -С. 147-150.
 76. Шкабаро Л.С. Вопросы оптимизации принципиальных схем конструкций закрытого дренажа сельскохозяйственных земель //Мелиорация. -2005. -№. 2.-С. 58-68.
 77. Шмакова М.В. Аналитическая формула расхода наносов. Методика расчетов //Метеорология и гидрология. - 2013. - № 8. - С. 61-68.
 78. Шмакова М.В., Кондратьев С. А. Анализ и расчеты твердого стока (на примере североамериканских рек) //Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. - 2016. - №. 43. - С. 51-66.

79. Щедрин В.П. и др. Техническая эксплуатация дренажа на мелиоративных системах //Деп. в ВИНИТИ. - 2012. - Т. 7. - С. 12.
80. Эмих В.Н. Линейный дренаж в инфильтрационной кайме пресных грунтовых вод над солеными //Прикладная механика и техническая физика. - 2006. - Т. 47. - №. 6. - С. 64-77.
81. Эргашев А.Э. Флора водорослей коллекторно-дренажной сети Голодной степи. Ташкент. Фан. 1968.
82. Юрченко И.Ф., Носов А.К. О критериях и методах контроля безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса //Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. - 2014. - №. 53. - С. 158.
83. Якубов М.А., Икрамов Р.К. Джалилова Т., Каримова Н.М. К вопросу методики прогнозирования минерализации почвенного раствора и грунтовых вод при близком их залегании на крупных орошаемых массивах. //Ташкент.-1982. -С. 3-10.
84. Якубов М.А., Якубов Х.Э., Якубов Ш.Х. Коллекторно-дренажный сток Центральной Азии и оценка его использования на орошение //Ташкент, НИЦ МКВК.-2011. -С. 188.
85. Якубова Х.И., Усманов И.А. Оценка возможности повторного использования воды коллекторов для покрытия дефицита речных вод в среднем течении бассейна реки Сырдарьи //Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. - 2016. -№ 1. -С. 196-201.
86. Якубов Х.И., Насонов В.Г., Зайнутдинова Н.Х. Показатели оценки надежности вертикального дренажа. Тр. САНИИРИ. Ташкент. 1991.
87. Яшин В.М. Формирование качества дренажного стока на Яхромской пойме //Мелиорация и водное хозяйство. - 2017. - № 6. -С. 21-25.
88. Гаипназаров Н. Планирование Ремонтно-восстановительных работ в системах открытого горизонтального дренажа в целях

- управления мелиоративным режимом (на примере Голодной степи) Автореф. Дис.канд.тех.наук. – Ташкент.-1992.
89. Зайнутдинова Н.Х. Пути повышения эксплуатационной надежности систем вертикального дренажа. Автореф. Дисс.канд.тех.наук 06.01.02. Ташкент. 1988.
90. Отахонов М.Ю. Совершенствование гидравлического расчета открытых коллекторов орошаемых площадей. Автореф. Дисс. PhD тех.наук 05.09.07, 06.01.02. Ташкент. 2021.
91. Хегай В.В. Работоспособность закрытого горизонтального дренажа на орошаемых землях и пути ее повышения. Автореф. Дисс.канд.тех.наук 06.01.02. Ташкент. 1984.
92. Arifjanov A.M., Otaxonov M.Y., Samiyev L. N., Akmalov Sh.B. Hydraulic calculation of horizontal drainages. Construction the formation of living environment. E3S Web of Conferences 97, 05039 (2019) Tashkent Forum-2019 y, Pp. 735-745.
93. Bhattacharya B., Price R. K., Solomatine D. P. Machine learning approach to modeling sediment transport //Journal of Hydraulic Engineering. - 2007. - T. 133. -№. 4.-P. 440-450.
94. Bhusal J.K. Quantification on bed load sediment transport in Tadi river of Nepal // Proc. 10th International Symposium on River Sedimentation (Moscow, 2007). - 2007. - Vol. 3. - P. 3137.
95. Chamorro, L.P., Hill, C., Morton, S., Ellis, C., Arndt, R.E.A. and Sotiropoulos, F. On the interaction between a turbulent open channel flow and an axial-flow turbine. Journal of Fluid Mechanics,- 2013. 716, pp.658-670.
96. Chiari M., Friedl K., Rickenmann D. A one-dimensional bedload transport model for steep slopes //Journal of Hydraulic Research. - 2010. - T. 48. - №. 2. - P. 152-160.
97. Christiansen T., Wiberg P. L., Milligan T. G. Flow and sediment transport on a tidal salt marsh surface //Estuarine, Coastal and Shelf Science. - 2000. - T.50-№.3.-P. 315-331.
98. Dolidudko A., rakhimova M. Method of Increasing the Reliability of the Open Horizontal Drainage System For the Purpose of Managing the Melioration Regime of the Syrdarya Region.

- International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. ISSN: 2350-0328. India, Vol. 8, Issue 9, September 2021 pp. 18109-18114/
99. Dolidudko A. Problems of improving the reclamation state of irrigated land during the operation of open collectors of the Syrdarya region. Electronic Journal of Actual Problems of Modern Science, Education And Training. October, 2021 10/2. pp. 75-79. ISSN 2181-9750.
100. Dolidudko A. Z. Bakhtiyorov, K. Khamraev, M. Nasirova, A. Osmonov, M.D. Peña-Guerrero. Sustainability of agriculture under water scarcity: impact assessment in the context of water-energy-food nexus. Journal of “Sustainable Agriculture” 2021. №3(11), pp. 50-52.
101. Fatxulloyev, A., Abduraimova, D., Otakhonov, M., Atakulov, D., & Samicv, L. (2020, July). Method designing of open drainages. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 883, No. 1, p. 012047). IOP Publishing.
102. Fatxulloyev, A., Gafarova, A., Otakhonov, M., & Allayorov, D. (2020, July). The hydraulic efficiency of the soil channels. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 883, No. 1, p. 012042). IOP Publishing.
103. Garcia-Ruiz J. M. et al. Flood generation and sediment transport in experimental catchments affected by land use changes in the central Pyrenees //Journal of Hydrology. - 2008. - T. 356. - №. 1-2. - P. 245-260.
104. Gomez B. Bedload transport //Earth-Science Reviews. - 1991. - T. 31. - №.2.-P. 89-132.
105. Goutiere L. et al. One-dimensional model for transient flows involving bedload sediment transport and changes in flow regimes //Journal of Hydraulic Engineering. - 2008. - T. 134. - №. 6. - P. 726-735.
106. Greengard, Leslie, Mary Catherine Kropinski, and Anita Mayo. "Integral equation methods for Stokes flow and isotropic elasticity

- in the plane." *Journal of Computational Physics* 125.2 (1996): Pp. 403-414.
107. Hamidov, A., K. Daedlow, H. Webber, H. Hussein, A. Dolidudko, I. Abdurahmanov, A. Seerat, U. Solieva, T. Woldeyohanes, K. Helming. Operationalizing water-energy-food nexus research for sustainable development in social-ecological systems: an interdisciplinary learning case in Central Asia. *Ecology and Society* 27(1):12.2022 <https://doi.org/10.5751/ES-12891-270112>.
108. Hassan M. A. et al. Salmon-driven bed load transport and bed morphology in mountain streams // *Geophysical research letters*. - 2008. - T. 35. - №. 4. Pp. 125-130
109. Kleinhans M.G., Grasmejer B.T. Bed load transport on the shoreface by currents and waves // *Coastal Engineering*. - 2006. - Vol. 53. - № 12. - P. 983- 996.
110. Lajeunesse E., Malverti L., Charru P. Bed load transport in turbulent flow at the grain scale: Experiments and modeling // *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. - 2010. №. F4. Pp. 112-116.
111. Lamb M. P., Dietrich W. E., Sklar L. S. A model for fluvial bedrock incision by impacting suspended and bed load sediment // *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. - 2008. - T. 113. - №. F3.
112. Litrico, Xavier, and Vincent Fromion. "Frequency modeling of open-channel flow." *Journal of Hydraulic Engineering* 130.8 (2004): Pp. 806-815.
113. Morita T. et al. Density and distribution of seeds in bottom sediments in *Zostera* marina beds in Ago Bay, central Japan // *Aquatic botany*. — 2007. - T. 87. - №. 1.-P. 38-42.
114. Parkinson J., Tayler K., Mark O. Planning and design of urban drainage systems in informal settlements in developing countries // *Urban Water Journal*. - T. 4. - №. 3. - P. 137-149.
115. Ramsey L. A., Walker R. T., Jackson J. Fold evolution and drainage development in the Zagros mountains of Fars province, SE Iran // *Basin Research*. - 2008. - T. 20. - №. 1. - P. 23-48.

116. Schultz B. Irrigation, drainage and flood protection in a rapidly changing world //Irrigation and Drainage. The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage. - 2001. - T. 50. - №. 4. - P. 261-277.
117. Smedema L. K., Abdel-Dayem S., Ochs W. J. Drainage and agricultural development //Irrigation and Drainage Systems. - 2000. - T. 14. - №. 3. - P. 223- 235.
118. <https://hydromet.uz/>
119. <http://library.ziyonet.uz/uz>
120. <https://meteostat.net/ru/>

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА ОБЗОР И АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ ВЛИЯНИЯ	
I ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА НА МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ.....	7
1.1 Мелиоративная эффективность работы открытого горизонтального дренажа.....	7
1.2 Организация эксплуатации коллекторно-дренажных систем.....	16
1.3 Эксплуатация открытого горизонтального дренажа и мероприятия по его улучшению.....	17
Выводы по первой главе.....	22
ГЛАВА ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ	
II ИССЛЕДОВАНИЙ.....	24
2.1 Характеристика природно-климатических и хозяйственных условий Сырдарьинской области.....	24
2.2 Основные водоотводящие тракты с орошаемых земель рассматриваемого участка.....	37
2.2.1 Инженерно-геологические условия объекта и лабораторные исследования качества дренажной воды.....	45
2.2.2 Лабораторные исследования по определению качества воды.....	52
Выводы по второй главе.....	56
ГЛАВА МЕТОДЫ РАСЧЁТА РАБОТОСПОСОБНОСТИ	
III ОТКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА	58
3.1 Общий и частный водно-солевой баланс расчетного участка.....	58
3.2 Метод расчёта выноса солей инфильтрационными водами	

из зоны аэрации.....	62
3.3 Анализ натурных исследований снижения эксплуатационной надежности работы открытого горизонтального дренажа.....	68
3.4 Анализ натурных исследований снижения эксплуатационной надежности работы открытого горизонтального дренажа разного порядка и сопоставление теоретическими данными.....	85
Выводы по третьей главе.....	89
ГЛАВА МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОТКРЫТОЙ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ.....	90
4.1 Модель логонормального распределения и закономерность для определения выхода из строя и интенсивности засыпания открытого горизонтального дренажа.....	90
4.2 Метод повышения эксплуатационной надежности открытого горизонтального дренажа. Расчет отсечных дрен	97
4.3 Моделирование водозаборов в полуограниченном пласте в целях управления мелиоративным режимом в окрестности открытого горизонтального дренажа.....	106
Выводы по четвертой главе.....	117
Заключение.....	119
Список использованной литературы.....	121

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии (НИЦ МКВК)

ДОЛИДУДКО А.И., ХАМРАЕВ Ш.Р.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ
ОТКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО
ДРЕНАЖА

МОНОГРАФИЯ

Редактор Ф.Тишабаев

Компьютерная верстка М. Хакимов

Издательство «Voris-nashriyot».
Лицензия № 2015881 от 23 февраля 2006 года.
Адрес издательства: г.Ташкент, ул. Широк-100.

Бумага офсет. Формат 60 x 84. 1/16
Гарнитура «TimesNewRoman». Офсетная печать.
Усл. печ.л. 8,5. Заказ № 91. от 29.11.2025 г. Тираж 200.
Отпечатано в типографии ООО «Munis design group»
100170, г.Ташкент, ул. Буз-2, проезд, дом-17-А.