

7 Давид, Р. Э. Сельскохозяйственная метеорология / Р. Э. Давид. – М.: Сельхозгиз, 1936. – 406 с.

8 Возделывание перспективных сортов сои на основе ресурсосберегающей технологии в Поволжье / В. А. Шадских, О. В. Пешкова, В. Е. Кижеева, А. Г. Лапшова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – № 3(59). – С. 87–91.

УДК 626.82

Э. И. Чембарисов

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

Р. Т. Хожамуратова

Каракалпакский государственный университет, Нукус, Республика Каракалпакстан

С. Р. Шодиев

Навоийнский государственный педагогический институт, Навои, Республика Узбекистан

А. П. Лесник

Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Республика Узбекистан

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД ОРОШАЕМОЙ ЗОНЫ СУРХАН-ШЕРАБАДСКОГО ОАЗИСА

В статье представлены характеристики уровня залегания, минерализации и химического состава грунтовых вод орошаемой зоны Сурхан-Шерабадского оазиса. Проведен анализ многолетних изменений этих характеристик по отдельно выделенным районам.

Ключевые слова: Сурхан-Шерабадский оазис, уровень залегания, грунтовые воды, минерализация, химический состав.

По условиям формирования подземных вод рассматриваемый бассейн разделяется на два бассейна второго порядка: бассейн собственно р. Сурхандарьи с обеспеченным стоком грунтовых вод и Шерабадский бассейн, включающий террасы р. Амударьи, конус выноса р. Шерабад, высокую структурную равнину (Каттакум) и предгорную равнину, примыкающую к Келиф-Сарыкамышской гряде.

В долине р. Сурхандарьи грунтовые воды, формирующиеся в виде подруслового потока в узких горных долинах рек Каратаг, Тупаланг, Сангардак и других, при выходе на равнину образуют ряд расходящихся потоков и галечниковую часть конуса выноса этих рек; по мере движения в направлении к периферии конусов выноса потоки встречаются на своем пути менее водопроницаемые отложения (переслаивание суглинка и галечника), создающие подпор и условия для образования субнапорных вод. На этих участках одна часть потока грунтовых и субнапорных вод переходит в поверхностный сток (зона выклинивания), другая перемещается к оси долины Сурхандарьи и вниз по долине. Сурхандарья на всем протяжении от конуса выноса р. Каратаг до впадения в р. Амударью является естественной дренажной для поверхностного и подземного стока. В верхней части ее долины наблюдается интенсивное выклинивание подземных вод; в средней и нижней частях река также дренирует, но в меньшей степени [1–4].

Земельный фонд орошаемой зоны Сурхандарьинской области представлен почвами сероземного пояса и пустынной зоны. В верхнем и среднем течении Сурхандарьи развиты преимущественно староорошаемые типичные, светлые сероземы и луговые почвы сероземного пояса. Особенность химизма луговых почв заключается в невысокой их карбонатности. Низовья Сурхандарьи заняты такырными и луговыми почвами пустынной зоны.

Начиная с пояса светлых сероземов, в луговых почвах проявляется засоление. В пустынной зоне засолены все орошаемые почвы. В долине Сурхандарьи нет больших массивов сильнозасоленных почв и солончаков. Они встречаются в комплексе с почвами меньших степеней засоления и имеют подчиненное значение. Соленакпление идет в основном за счет сульфатов, а содержание хлоридов остается невысоким, что определяет сульфатный тип засоления. В пахотном горизонте слабозасоленных почв, как правило, содержится небольшое количество гипса.

Шерабадский конус выноса расположен в пустынной зоне. Верхняя его часть занята такырными орошаемыми почвами. В понижениях формируются такырно-луговые почвы, обычно засоленные. Естественная дренированность долины р. Шерабаддарьи значительно хуже, чем долины р. Сурхандарьи [1, 2]. Центральную часть конуса занимают преимущественно солончаки современного режима, а периферию – орошаемые засоленные луговые почвы.

Конус выноса Шерабаддарьи отличается повышенной засоленностью, связанной с соленостью пород бассейна этой реки. В солевом составе почв заметную роль играют хлориды. Среди почвенных солей преобладают хлорид и сульфат натрия. Гипс в почвенном профиле обычно отсутствует. Он содержится только в горизонтах интенсивного соленакпления некоторых сильнозасоленных почв.

Долина Сурхандарьи сложена в основном легкими и средними почвогрунтами. Тяжелые почвы занимают 11,5 % ее площади. Наибольшая площадь (49,6 %) приходится на средние по гранулометрическому составу почвы. Конус выноса Шерабаддарьи и прилегающие к нему земли Музрабадской степи и покато́й равнины сложены преимущественно тяжелыми почвогрунтами (67,5 % территории). Средние почвогрунты занимают 29,9 %.

Таким образом, особенности почвенного покрова долины Сурхандарьи не сильно ограничивают использование подземных вод. Большое внимание следует уделить количеству кальция в воде. Почвы здесь обеднены карбонатами и не содержат гипса. Поэтому на них нельзя проводить поливы даже с очень невысоким содержанием соды. В пределах Шерабадского конуса и прилегающей к нему территории орошение минерализованными водами ограничивается высоким засолением и тяжелым гранулометрическим составом почвогрунтов.

Солевой баланс в долине р. Сурхандарьи отрицательный. Здесь происходит процесс выщелачивания, несмотря на то, что в верхних слоях почвы на нижних террасах местами накапливаются соли (в дельте наиболее интенсивно).

В Шерабадской части депрессии основной поток грунтовых и субнапорных вод формируется в пределах Шерабадского конуса выноса, незначительные по мощности потоки грунтовых вод – в Кызырыкдарьинской и Музрабадской степях.

При выходе из узкого ущелья на предгорную равнину р. Шерабад образует обширный конус выноса, в котором формируются грунтовые и субнапорные воды. Грунтовые воды формируются в привершинной части конуса выноса, образуя поток в галечниковых отложениях, веерообразно растекающийся к периферии конуса. Источники питания грунтовых вод – подрусловой поток р. Шерабад, фильтрационные потери поверхностных вод, особенно паводковых (в вершинной галечниковой части конуса), сток подземных вод со стороны предгорий, инфильтрация атмосферных осадков.

При движении к периферии поток грунтовых вод поступает в центральную часть конуса (слоистая толща суглинков, песков и гравийно-галечниковых отложений), где водопроницаемые слои имеют меньшее удельное значение. Таким образом, создаются условия для подпора потока грунтовых вод, что приводит к его частичной разгрузке. По окраине галечниковой части конуса образуются заболоченные площади. Ниже поток расчленяется на грунтовые (в верхней части разреза) и субнапорные (в слоистой толще) воды средней и нижней части разреза четвертичных отложений.

Далее при движении к периферии конуса выноса фронт веерообразно растекающегося потока грунтовых вод увеличивается, и интенсивность притока на единицу поперечного сечения уменьшается. Это приводит к снижению уровня грунтовых вод до 7–20 м.

В привершинной части конуса выноса грунтовые воды получают основное питание за счет фильтрации воды из р. Шерабад. Вода в ней в паводок пресная (плотный остаток менее 1,00 г/дм³), а в межень – солоноватая (плотный остаток 2,69 г/дм³). Конус выноса образовался частично в результате денудации в бассейне гипсоносных и соленосных пород кайнозойского и мезозойского возрастов. Таким образом, солоноватые поверхностные воды и пролювиальные отложения, содержащие водорастворимые соли, обусловили образование солоноватых грунтовых вод хлоридно-натриевого и хлоридно-сульфатного натриево-кальциевого типа.

Южнее, в зоне выклинивания грунтовых вод и на прилегающих площадях, под влиянием испарения минерализация грунтовых вод возрастает. Преобладают воды с плотным остатком 10–25 г/дм³ хлоридно-натриевого типа.

В центральной и периферийной части конуса выноса р. Шерабад разведочными работами выявлены пресные субнапорные воды с плотным остатком от 0,8 до 1,5 г/дм³. Эти воды находятся в песчано-гравийно-галечниковых отложениях в основном на глубине 120–200 м. Запасы их невелики, но позволяют организовать централизованное водоснабжение существующих фермерских хозяйств. Данные о балансе грунтовых вод приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Структура регионального баланса грунтовых вод Шерабадского бассейна до орошения

Приход		Расход	
Подземный приток	15000	Суммарное испарение	99000
Инфильтрация атмосферных осадков	79000	Дренированность р. Карасу	30000
Фильтрация из реки	82000	Подземный отток	57000
Итого	176000	Итого	176000

В м³/сут

Из таблицы 1 видно, что грунтовые воды расходуются преимущественно на испарение, что позволяет отнести эту территорию к площади естественного соленакопления.

В долине Амударьи аллювиальный водоносный горизонт представлен песками, гравием, суглинком, супесями с прослоями глин. Основной водоносный горизонт представлен песками в нижних слоях с примесью гравия и мелкой гальки. Суммарная мощность четвертичных отложений в долине достигает 630 м (в дельте Сурхандарьи). В них формируется подрусловый поток подземных вод, движущийся вниз по долине, который принимает притоки со стороны предгорных равнин и из долины Сурхандарьи.

Геолого-структурные и геоморфолого-литологические особенности территории, а также физико-географические условия способствуют формированию самостоятельных региональных потоков грунтовых и субнапорных вод, которые отличаются друг от друга географическим положением, условиями образования и принадлежностью к различным морфологическим типам.

Юго-западная часть рассматриваемого бассейна ограничивается с трех сторон горными сооружениями. На юге территория обращена в сторону современной долины р. Амударьи. Границами ее являются: на западе и северо-западе – Келиф-Шерабадская и Сарыкамышская гряды; на севере – хребты Кагны и Кената; на северо-востоке – окончание степи Кызырыкдара; на востоке – подпитие Хаудаг; на юге – периферия аллювиальной равнины современных террас р. Амударьи.

Изменения уровня и степени минерализации грунтовых вод орошаемых площадей в зоне орошения бассейна Сурхандарьи приведены в таблице 2, из которой видно, что за 35 лет регулярного орошения увеличились площади с глубиной 1–3 и 3–10 м, а также с минерализацией 1–3 г/дм³ и более 10 г/дм³.

Таблица 2 – Изменение орошаемых площадей по уровню и степени минерализации грунтовых вод орошаемой зоны бассейна р. Сурхандарьи

Показатель	Орошаемая площадь, га		
	1954 г.	1965 г.	1990 г.
Уровень грунтовых вод, м			
1–3	16960	1024	33920
3–10	38160	14840	114780
> 10	96520	122836	–
Степень минерализации, г/дм ³			
0–1	–	4240	4420
1–3	43980	80160	104120
3–5	23230	1240	13780
5–7	23290	23100	–
7–10	25250	21200	–
> 10	13850	15460	18080

В верхней части долины Сурхандарьи подземные воды пресные (0,2–0,4 г/дм³), гидрокарбонатно-кальциевые. Вблизи Южно-Сурханского водохранилища количество солей в воде увеличивается до 1,0–1,5 г/дм³ при сульфатно-гидрокарбонатном натриево-кальциевом типе минерализации. Южнее этого водохранилища воды содержат до 3 г/дм³ солей при гидрокарбонатном сульфатном кальциево-натриевом типе засоления. Вдоль реки и больших каналов сосредоточены пресные воды. С удалением от Сурхандарьи минерализация их возрастает. На левобережье этой реки воды более минерализованы (4–6 г/дм³), а в низовьях различны по минерализации, с преобладанием слабоминерализованных (1–3 г/дм³). Воды с минерализацией более 4 г/дм³ распространены на покатой правобережной равнине и высоких террасах Сурхандарьи.

Основным фактором, ограничивающим использование подземных вод в долине Сурхандарьи, является минерализация. Содержание хлора в них обычно невысоко. Среди катионов преобладает кальций. Воды, опасные с точки зрения развития солонцеватости, встречаются редко.

По количеству пригодных для орошения вод выделяются верховья Сурхандарьи. Здесь преобладают высокодебитные скважины. В основном это район, обеспеченный водами хорошего качества.

В среднем течении Сурхандарьи расходы откачиваемых вод меньше, чем в верхнем. Несмотря на то, что здесь много скважин с хорошим дебитом, количество малодебитных скважин увеличивается. В низовьях реки подземных вод становится еще меньше. Здесь преобладают скважины с небольшими расходами.

Подземные воды Шерабадского конуса выноса отличаются повышенной по сравнению с водами Сурхандарьи минерализацией, обусловленной выщелачиванием залежей поваренной соли.

В этих условиях поверхностный и подземный стоки имеют повышенную хлоридность, не связанную с условиями оттока, но слабая отточность накладывает отпечаток на степень минерализации подземных вод.

В верхней части Шерабадского конуса формируются слабоминерализованные воды с повышенным содержанием хлоридов (таблица 3), в то время как эти части конуса в других районах имеют пресные и ультрапресные воды.

В центральной и периферической частях Шерабадского конуса верхние слои подземных вод сильноминерализованные. С глубиной минерализация их снижается. В зоне выклинивания слабоминерализованные воды залегают на глубине 30 м, на периферии конуса – 70 м и более. Пригодные для орошения воды расположены ближе

к руслу Шерабаддарьи; по мере удаления от него они становятся более минерализованными. Воды не могут быть использованы для поливов воды в пределах покатой пролювиальной равнины и третьей террасы Амударьи.

Таблица 3 – Химический состав грунтовых вод Сурхан-Шерабадского бассейна (среднестатистические данные института ГИДРОИНГЕО)

Минерализация, г/л	Ионный состав, мг/дм, экв./дм, экв. (%)					
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺ + K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
0,3	0,18	20,00	176,30	20,00	19,00	15,00
	0,01	0,40	2,89	0,90	1,60	0,80
	0,3	12,1	87,6	27,3	48,8	24,2
0,5	30,00	120,00	109,80	40,00	24,00	30,00
	0,90	2,50	1,80	1,70	2,00	1,50
	17,3	48,1	34,6	32,7	38,5	28,8
1,0	80,00	450,00	48,30	95,00	44,00	84,00
	2,30	9,40	0,30	4,10	3,70	4,20
	19,3	78,8	2,5	34,2	30,8	35,0
2,0	230,00	1000,00	67,10	200,00	80,00	260,00
	6,50	20,80	1,10	8,70	6,70	13,60
	22,9	73,2	3,9	30,6	23,6	45,8
3,0	500,00	1600,00	146,40	380,00	165,00	390,00
	14,10	33,30	2,40	16,50	13,80	19,50
	28,3	66,7	4,8	33,1	27,7	39,2
4,5	1300,00	2250,00	152,50	880,00	260,00	520,00
	36,60	46,90	2,50	38,30	21,70	26,00
	42,6	54,5	2,9	44,5	25,3	30,2
5,0	1910,00	2480,00	—	1000,00	295,00	480,00
	53,80	51,70	—	43,50	24,60	24,00
	51,0	49,0	—	47,2	26,7	26,1
8,0	3300,00	3750,00	—	1800,00	420,00	700,00
	93,10	78,00	—	78,30	34,60	34,90
	55,0	45,0	—	52,8	23,4	23,8
10,0	4250,00	4500,00	—	2350,00	515,00	820,00
	120,00	93,70	—	102,20	42,40	40,90
	56,1	43,9	—	54,4	22,7	22,9

В Музрабадской степи минерализация подземных вод различная. Большинство их непригодно для орошения. В степи Кызырыкдара воды имеют минерализацию 5–30 г/дм³ при хлоридно-сульфатном и сульфатно-хлоридном магниевом или натриевом типе и также непригодны для поливов сельскохозяйственных культур.

Расходы скважин в пределах Шерабадского конуса и прилегающей территории небольшие. Геоморфологические районы в этом отношении резко не различаются. Несколько больше воды можно получить на правобережье конуса.

Многолетние данные, собранные Ш. О. Мурадовым [2], свидетельствуют о том, что в этом бассейне, как и в других природных водохозяйственных районах наблюдается увеличение площадей с залеганием грунтовых вод на глубине 2,0–3,0 м. В верхнем природном водохозяйственном районе глубина грунтовых вод составляет 3,0–5,0 м, в то время как в нижнем происходит сокращение таких площадей, за счет чего в целом по бассейну площади этой градации стабильны. При грациях менее 1,0; 1,0–1,5; 1,5–2,0 м площади уменьшаются в нижних природных водохозяйственных районах и по бассейну, в остальных они незначительны и в отдельные годы вообще отсутствуют.

Стабильны площади минерализации с градацией менее 1,0 г/дм³ в верхнем при-

родном водохозяйственном районе (80 %), подрайоне (76–82 %), и это отразилось на бассейне (39–50 %) . В нижнем районе они незначительны, постоянно уменьшаются и в ряде случаев отсутствуют. Во всех природных водохозяйственных районах происходит увеличение площадей с уровнем минерализации $1,0\text{--}3,0\text{ г/дм}^3$. В верхнем районе они составляют 18–20 %, подрайоне – 18–23 %, нижнем – 75–82 % и по бассейну – 49–53 %. Площади с минерализацией $3,0\text{--}5,0\text{ г/дм}^3$ достаточно стабильны в нижнем природно-водохозяйственном районе и по бассейну, однако в верхних районах и подрайоне (1,0 %) они незначительны и почти отсутствуют. Площади с уровнем минерализации грунтовых вод $5,0\text{--}10,0\text{ г/дм}^3$ и более в верхнем природно-водохозяйственном районе почти отсутствуют и не наблюдаются в подрайоне, а в нижнем сокращаются и с градиацией более $10,0\text{ г/дм}^3$ в последние годы отсутствуют.

Орошение сельскохозяйственных культур в Сурхан-Шерабадском бассейне оказывает весьма существенное влияние на динамику уровня и минерализацию грунтовых вод, которое четко прослеживается по всему бассейну. Итак, во всех природных водохозяйственных районах отмечено увеличение площадей с залеганием грунтовых вод на глубину 2,0–3,0 м. В верхнем природном водохозяйственном районе эти площади составляют 18–19 %, подрайоне – 23–26 %, нижнем – 67–72 % и по бассейну – 46–48 %. В подрайоне также наблюдается сокращение площадей с уровнем грунтовых вод на глубине более 5,0 м, хотя в остальных природных водохозяйственных районах количество этих площадей стабильно (65 % – верхний, 35 % – подрайон, 15 % – нижний, 30 % – по области).

Изучение динамики уровней и минерализации грунтовых вод в Сурхан-Шерабадском бассейне в период с 1984 по 2012 г. и построение полиномиального тренда позволили составить прогноз на перспективу. Почти во всех природных водохозяйственных районах и по бассейну будет ощущаться увеличение площадей с залеганием грунтовых вод от 2,0 до 3,0 м. Также будут стабильны площади с глубиной грунтовых вод более 5,0 м, кроме подрайона, в котором ожидается уменьшение. Площади с залеганием грунтовых вод на 3,0–5,0 м в верхнем природном водохозяйственном районе будут увеличиваться, а в нижнем – уменьшаться. В нижнем районе и в целом по бассейну сократятся площади с залеганием менее 1,0; 1,0–1,5, 1,5–2,0 м. В верхнем природном водохозяйственном районе и подрайоне таких уровней грунтовых вод наблюдаться не будет.

В то же время площади с минерализацией менее $1,0\text{ г/дм}^3$ будут стабильны в верхнем природном водохозяйственном районе и подрайоне, в нижнем они будут отсутствовать. Повсеместно будут увеличиваться площади с минерализацией $1,0\text{--}3,0\text{ г/дм}^3$. В нижнем природном водохозяйственном районе будут стабильны площади с градиацией $3,0\text{--}5,0\text{ г/дм}^3$, градиации от $5,0\text{--}10,0$ и более $10,0\text{ г/дм}^3$ в целом в перспективе не будут наблюдаться во всем бассейне [2].

Выводы. Среди факторов, определяющих динамику и минерализацию грунтовых вод Сурхан-Шерабадского оазиса, следует отметить фильтрацию из магистральных каналов (Аму-Занг, Занг, Бабатаг, Шерабад). Из природных факторов в первую очередь необходимо учитывать влияние испарения и транспирации. Действие этих факторов на динамику залегания и минерализации грунтовых вод более ощутимо по сравнению с действием атмосферных осадков.

Сезонное максимальное положение уровня грунтовых вод наблюдается в основном в июле и августе, когда увеличивается общая водоподача на орошение почвы, а минимальное – в конце вегетационного и в течение невегетационного периодов – с ноября по февраль – март. Эти данные могут служить основой как для долгосрочных прогнозов изменений показателей уровня грунтовых вод, так и для определения их динамики с учетом временной и пространственной детализации.

Список использованных источников

1 Азимбаев, С. А. Пути улучшения фосфорного питания деградированных земель / С. А. Азимбаев, Т. Ю. Лесник, А. Сайымбетов // Направления развития современных систем земледелия: междунар. науч.-практ. интернет-конф., г. Херсон, 11 декабря 2013 г. – Херсон: ХГАУ, 2013. – С. 83–88.

2 Мурадов, Ш. О. Научное обоснование водоустойчивости аридных территорий юга Узбекистана / Ш. О. Мурадов. – Ташкент: Фан, 2012.

3 Методика гидроэкологического мониторинга оценки качества поверхностных вод / Э. И. Чембарисов, А. Б. Насрулин, Т. Ю. Лесник // Проблемы освоения пустынь. – Ашхабад, 2005. – № 1. – С. 32–36.

4 Генезис, формирование и режим поверхностных вод Узбекистана и их влияние на засоление и загрязнение агроландшафтов (на примере бассейна реки Амударьи) / Э. И. Чембарисов, А. Б. Насрулин, Т. Ю. Лесник, Р. Т. Хожамуратова. – Нукус: Изд-во «Qaraqalpaqstan», 2016. – 188 с.

УДК 631.62; 626.86

А. С. Капустян

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕМА И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕНАЖНЫХ ВОД НА ЛОКАЛЬНЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В статье рассмотрен порядок обоснования использования дренажных вод для орошения на локальных оросительных системах. Приведены варианты расчета объема дренажного стока с орошаемых территорий в зависимости от типа облицовки оросительного канала, включающие расчет потерь воды на фильтрацию из оросительной сети, расчет модуля и объема дренажного стока с оросительной системы, а также расчетную эффективность от экономии оросительной воды. Предложены технические приемы использования дренажных вод на орошение и технологические схемы их очистки.

Ключевые слова: объем дренажного стока, фильтрация из оросительной сети, повторное использование дренажных вод, технологические схемы очистки дренажных вод, типы облицовок оросительного канала.

Существующая технология орошения предусматривает изъятие воды из источника орошения, при этом объем безвозвратного использования воды равен разности между забором и возвратом ирригационного стока.

В условиях дефицита водных ресурсов среди альтернативных источников орошения важное место занимает дренажный сток с орошаемых территорий, его объем в России оценивается в 4–5 км³ в год [1].

Ирригационное питание грунтовых вод на орошаемой территории следует считать основным искусственным фактором, формирующим объем дренажного стока, который находится в прямой зависимости от КПД системы, применяемых способов и режимов орошения, техники и технологии полива и величины оросительной нормы.

Фильтрационные потери из всех элементов оросительной сети являются основным сосредоточенным источником фильтрационного питания грунтовых вод. Потери воды из межхозяйственной и внутрихозяйственной сетей зависят от типа облицовки, периодичности работы, литологического сложения грунтов, в которых проложена оросительная сеть.

Рассмотрим варианты расчета объема дренажного стока с орошаемых территорий при локальной системе орошения по обобщенным показателям: площадь ороси-