

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПОЧВ В УСЛОВИЯХ РОСТА ДЕФИЦИТА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

**Р.К. Бекбаев**, д.т.н., профессор

**Е.Д. Жапаркулова**, к.с.-х.н

**У.К. Бекбаев**, к.т.н.

**Ж.А. Мусин**, к.т.н.

Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства, г. Тараз, Казахстан

**М.С. Мустафаев**, к.с.-х.н., доцент

Институт почвоведения и агрохимии НАН Республики Азербайджан

**Ключевые слова:** дренаж, субиригация, промывка, полив

В условиях нехватки водных ресурсов, когда лимиты водоподачи не покрывают дефицит водопотребления сельскохозяйственных культур, водообеспеченность орошаемых земель можно повышать за счет интенсификации сельскохозяйственного производства и совместного использования поверхностных и подземных вод. При этом эффективность данного приема повышается путем внедрения ресурсосберегающей технологии орошения, предусматривающей своевременное проведение технологических операций (работа дренажа, сроки поливов, размеры поливных норм, обработка почвы, внесение удобрений и т.д.) с учетом лимитов воды и складывающейся агрометеорологической обстановки.

В основу ресурсосбережения положены принципы рационального использования поверхностных и подземных вод, максимально возможного снижения потерь оросительных вод на инфильтрацию и физическое испарение, замедления темпов разрушения органических веществ и структуры почвы, вовлечения питательных элементов в геологический круговорот и т.д. Строгое соблюдение последовательности технологических операций на всех этапах развития растений снизит затраты воды на получение единицы продукции, повысит водообеспеченность орошаемых земель, особенно в маловодные годы, обеспечит оптимизацию мелиоративного режима почв.

Устойчивость развития орошаемого земледелия зависит не только от наличия поверхностных вод, но и объемов использования подземных вод на субиригацию и орошение. В условиях Казахстана, где ежегодно возрастает забор поверхностных вод на нужды промышленности и коммунальное хозяйство населенных пунктов, а сток крупнейших рек (Сырдарья, Или, Шу, Талас), которые формируются в сопредельных государствах, сокращается, проблему нехватки воды можно решать и за счет повышения коэффициента использования подземных и поверхностных вод, особенно паводкового и зимнего стока. При этом эффективность исполь-

зования водных ресурсов в значительной мере зависит от типа дренажа и его работоспособности.

В частности, на фоне горизонтального дренажа, глубина заложения которого, как правило, изменяется от 2 до 3,5 м, пределы колебания уровня режима грунтовых вод не превысят 1,5—2,0 м, т.е. запасы грунтовых вод можно повышать на 1,8—2,4 тыс. м<sup>3</sup>/га. Однако объемы их использования на субиригацию и орошение определяются скоростью их сработки. В таких случаях водообеспеченность орошаемых земель можно повышать за счет субиригации путем устройства подпорных сооружений (шлюзов-регуляторов). С момента работы подпорных сооружений коллекторно-дренажная сеть заполняется водой, что приводит к изменению ее функции: вместо водопонижения формируется подпитка грунтовых вод. Подпорные сооружения целесообразно использовать в конце первого и начале второго полугодия (июль, август), когда резко повышается водопотребление сельскохозяйственных культур. В остальные периоды года коллекторно-дренажная сеть должна работать в свободном режиме и обеспечивать водопонижение. Данная технология управления потоком дренажно-сбросных вод высокотехнологична, не нарушает последовательность выполнения технологических операций по выращиванию сельхозкультур, снижает потери почвенной влаги на испарение, повышает водообеспеченность за счет субиригации и орошения.

Опыт длительного применения подпорных сооружений показал, что первый вариант является наиболее эффективным, однако на практике сельхозпроизводители отдавали предпочтение второму варианту. По этой причине глубина заполнения коллекторно-дренажной сети водой предопределялась режимом забора воды на орошение. Частая смена способов использования дренажно-сбросных вод на орошение и субиригацию приводила к значительному колебанию горизонта воды, формированию суффозии грунта, заплыванию коллекторно-дренажной сети, особенно в зонах неустойчивых грунтов. В таких случаях устойчивость дрен и коллекторов можно повышать путем снижения амплитуды колебания горизонта воды в коллекторно-дренажной сети. Однако пределы возможного регулирования уровнем режимом грунтовых вод являются весьма ограниченными, так как работоспособность дренажа зависит не только от фильтрационных свойств грунтов, но и величины напора, т.е. превышения уровня грунтовых вод над дренажной.

На фоне вертикального дренажа, где коэффициенты проводимости водоносных горизонтов превышали 400 м<sup>2</sup>/сутки, а дебит скважин изменялся в пределах 20—60 л/сек, глубина сработки грунтовых вод возрастала до 4—5 м [1]. При такой амплитуде колебания уровня грунтовых вод размеры их использования на субиригацию и орошение возрастали до 3,5 тыс. м<sup>3</sup>/га. Кроме того, вертикальный дренаж снижал пьезометрические напоры, усиливал солеотдачу почв при кратковременных остановках скважин, т.е. создавал эффект «прополаскивания» засоленных горизонтов поверхностными и грунтовыми водами [2, 3].

Высокая эффективность вертикального дренажа подтверждается опытом его эксплуатации в зоне Арысь-Туркестанского канала, где одновременно решали две задачи: управляли

уровненным режимом грунтовых вод и повышали водообеспеченность орошаемых земель за счет извлечения подземных вод на орошение. Объемы использования грунтовых вод на субиригацию и орошение зависят от глубины их сработки и восстановления в невегетационный период, т.е. путем создания подземных водохранилищ в период осуществления влагозарядко-

Таблица 1 — Минерализация коллекторно-дренажных вод, г/л

Место отбора проб (бывшие хлопководхозы)	Годы				
	1964—1966	1972—1974	1993—1995	2000—2002	2005—2007
Тимирязева К-1-1	6,0—8,0	5,0—6,0	2,3—2,8	1,4—1,9	1,3—1,8
Исаханова					
К-1-2	6,5—8,5	5,0—6,5	2,5—3,0	1,5—2,0	1,4—1,9
К-1-3	7,0—9,0	6,0—7,5	2,5—3,0	1,5—2,0	1,4—1,9
Икан К-5-1	—	1,5—2,0	1,3—1,8	1,0—1,4	1,0—1,4

вых поливов профилактических промывок, которые проводятся паводковыми водами [2, 4]. На целесообразность применения данного варианта указывает стабильность минерализации коллекторно-дренажных вод (табл. 1.).

Возможности внутрисистемного использования дренажно-сбросных вод для повышения водообеспеченности орошаемых земель подтверждается данными химических анализов (табл. 2). Мониторинг химического состава дренажно-сбросных вод, выполненный Южно-Казахстанской гидрогеолого-мелиоративной экспедицией указывает на то, что в большинстве случаев они могут использоваться на орошение без разбавления оросительной водой [1]. Например, расчеты, выполненные по формуле Антипова-Каратаева показали, что только в двух случаях из двенадцати (Отырарский район) использование дренажных вод без разбавления может привести к ухудшению мелиоративного состояния орошаемых земель. Оценка качества дренажно-сбросных вод, осуществленная по натриево-адсорбционному коэффициенту (SAR), показала, что только в одном случае из двенадцати возможно вторичное засоление почв.

Сравнительный анализ качества дренажно-сбросных вод по трем зависимостям показал, что только в одном случае три метода указали на неудовлетворительное их качество, а в остальных случаях они находились в зоне перехода от удовлетворительного до неудовлетворительного качества. Возможности использования дренажно-сбросных вод на орошение и субиригацию подтверждаются опытом освоения Арысь-Туркестанской ирригационной системы, где в первые годы работы коллекторно-дренажной сети, когда глубинные горизонты почвогрунтов зоны аэрации содержали около 1...2 % солей, а минерализация грунтовых вод колебалась в пределах 5...10 г/л, формировался максимальный уровень засоления (6...9 г/л) коллекторно-дренажных вод (табл. 2.14). По мере опреснения зоны аэрации, засоленность инфильтрационных вод снижалась, что свидетельствовало о рассолении первоначально поверхностных, а затем и глубинных слоев водоносной толщи покровных отложений. Значительное

Таблица 2 —Ирригационные свойства дренажно-сбросных вод (ЮКГГМЭ)

№ п/п	Водисточники	Дата отбора проб	Ирригационные свойства			Качество воды				Пригодная для повторного использования
			Антипова-Каратаева $K = \frac{C_{a+M} g}{N_{a+0,2} 3 C}$	$SAR = \frac{N_a}{\sqrt{C_{a+M} g}}$	по Приклонскому > 6 г/л	по Антипова-Каратаева SAR	по Приклонскому	по SAR		
									Тип воды	
Ордабасынский район										
1	К-1	15.06.08	1,0	7,2		удовл.	удовл.	Удов-лет.	Неудовл.	Пригодна
2	К-1-1	15.06.08	0,9	7,9		удовл.	удовл.	Удов-лет.	Неудовл.	Пригодна
Мактааральский район										
3	Кол. Северный	11.09.08	5,3	0,9		удовлет.	удовлет.	Удов-лет.	Удовл.	Пригодна
4	Арнасай	6.09.08	3,7	1,3		удовлет.	удовлет.	Удов-лет.	Удовл.	Пригодна
Шардаринский район										
6	К-1	18.06.08	1,3	5,5		удов.	удов.	Удов-лет.	Неудовл.	Пригодна
7	К-4	17.07.08	2,0	2,6		удов.	удов.	Удов-лет.	Удовл.	Пригодна
Отырарский район										
8	Сброс Шаульдер	22.06.08	0,9	8,1		неудов.	неудов.	Удовл.	Неудовл.	Непригодна
9	Кол. Шаульдер	20.04.08	0,7	14,1		неудов.	неудов.	Неудовл.	Неудовл.	Непригодна
Туркестанский район										
10	К-4	19.06.08	1,8	2,1		удовлет.	удовлет.	Удов-лет.	Хорошие	пригодна
11	К-5	19.06.08	2,1	2,8		удов.	удов.	Удов-лет.	Удовл.	Пригодна
Келесский район										
11	ГД-16	21.06.08	1,6	4,6		удовлет.	удовлет.	Удов-лет.	Удовл.	Пригодна
12	ГД-17	21.06.08	1,2	5,0		удовлет.	удовлет.	Удов-лет.	Удовл.	Пригодна

снижение засоленности дренажно-коллекторных вод указывает на окончание мелиоративного периода, так как минерализация грунтовых вод (главного объекта мелиорации), которые выклиниваются в коллекторно-дренажную сеть, снизилась до 2...3 г/л. При таком уровне рассоления грунтовых вод темпы сезонного соленакопления замедляются до максимальных пределов и легко ликвидируются влагозарядковыми поливами.

Стабильность качества почв и откачиваемых вод на орошение, а также способность вертикального дренажа поддерживать горизонты грунтовой воды на любой глубине, определяют методы создания подземных водохранилищ на ирригационных системах [5, 6]. В условиях южного Казахстана, где водообеспеченность орошаемых земель устойчиво снижается, проблему заполнения подземных водохранилищ и рационального их использования на орошение (путем откачки скважинами вертикального дренажа) и субирригацию (путем поддержания уровня грунтовых вод на глубине доступной для растений) можно решать за счет использования паводковых вод на влагозарядку и профилактические промывки. Исследованиями установлено, что в зоне Арысь-Туркестанского канала ежегодные объемы накопления поверхностного стока в подземных водохранилищах, в которых отсутствуют потери на физическое испарение, колеблются в широких пределах (180—250 млн. м<sup>3</sup> или 2,2—3,2 тыс. м<sup>3</sup>/га) и зависят преимущественно от глубины сработки уровня грунтовых вод в течение вегетационного периода и размеров водозабора в ирригационные системы. Характерной особенностью формирования эксплуатационных запасов (извлекаемых вертикальным дренажем) подземных вод на орошаемой территории является наличие корреляционной связи между массой воды, поданной на орошение, и емкостными запасами водоносных комплексов, которые играют роль подземных водохранилищ [7].

При дефиците водных ресурсов и рыночных взаимоотношениях, когда эффективность сельхозпроизводства всецело зависит от продуктивности орошаемых земель и их водообеспеченности, восстановление существующих или строительство новых скважин вертикального дренажа для получения дополнительных источников орошения повысит доходы товаропроизводителя за счет роста урожайности возделываемых культур. В таких случаях объемы откачек подземных вод на орошение должны устанавливаться с учетом покрытия дефицита в оросительной воде, особенно в маловодные годы, когда резко сокращается водоподача, а интенсивность откачки подземных вод на орошение регламентируется динамическими запасами, которые формировались преимущественно за счет фильтрационных потерь в оросительной сети и полях орошения.

Опыт эксплуатации вертикального дренажа, который устойчиво работал в конце двадцатого столетия, показал, что стабильность водоснабжения растений обеспечивалась за счет оптимизации режима работы дренажных систем. В многоводные годы, когда водозабор (за гидрологический год) в Арысь-Туркестанскую оросительную систему превышал 600 млн. м<sup>3</sup>, водопотребление сельскохозяйственных культур обеспечивалось преимущественно за счет поверхностных вод и субирригации, а режим работы скважин вертикального дренажа предо-

пределялся тем объемом откачки подземных вод, который обеспечивал поддержание уровня грунтовых вод на глубине 1,5—2,5 м. В маловодные, особенно засушливые годы, когда резко возрастало водопотребление, а водоподача сокращалась, система вертикального дренажа работала с полной нагрузкой на орошение, что обеспечивало сработку уровня грунтовых вод до 4—5 м. В последующие годы восстановление динамических запасов подземных вод осуществлялось за счет увеличения водоподачи, размеров влагозарядковых поливов и сокращения откачки подземных вод. В течение многолетнего периода водоподача соответствовала суммарному дефициту водопотребления на орошаемых землях, так как вертикальный дренаж обеспечивал лишь перераспределение водных ресурсов по массиву и между годами, а не являлся дополнительным источником получения водных ресурсов.

В целях улучшения водообеспеченности орошаемых земель и получения максимального объема дренажных вод на орошение в периоды острого дефицита оросительной воды ориентировались на следующий режим работы скважин вертикального дренажа. Ранней весной (апрель), когда повсеместно проводились влагозарядковые поливы и наблюдался интенсивный приток подземных вод с окаймляющих гор Каратау, запускали в работу скважины вертикального дренажа, расположенные в нижней части контуров орошения. В середине мая, когда усиливались процессы вторичного засоления почв, вследствие увеличения расхода грунтовых вод на эвапотранспирацию, включали в работу скважины, расположенные в центральной зоне, а с начала июня — в приканальной зоне.

Приведенная схема запуска и режима работы скважин вертикального дренажа обеспечивала стабилизацию мелиоративной обстановки на орошаемых землях и наиболее целесообразный забор подземных вод на орошение; снижалась актуальность проблемы борьбы с инфильтрационными потерями, за счет которых формировались эксплуатационные запасы подземных вод, поскольку последние, извлекаясь через вертикальный дренаж, вновь направлялись на полив. При этом в значительной степени облегчалось управление водными ресурсами в многолетнем плане и повышалась водообеспеченность орошаемых земель на 15—25 % при сохранении среднегодовых объемов водоподачи в пределах 550—650 млн. м<sup>3</sup>.

Экспериментальные исследования КазНИИВХ и опыт длительной эксплуатации скважин вертикального дренажа в зоне АТК показали, что использование дренажных вод (откачиваемых скважинами вертикального дренажа) на орошение не только повышало водообеспеченность орошаемых земель, но и обеспечивало формирование отрицательного солевого баланса в зоне аэрации за счет смещения солевых масс в глубинные горизонты водоносной толщи и их отвода преимущественно подземным оттоком. В данном случае обеспечивалась природно-антропогенная совместимость мелиоративной деятельности в пределах предгорных ландшафтов. Однако в последние годы, когда перестала работать система скважин вертикального дренажа, хозяйственная деятельность вступила в противоречие с закономерностями функционирования природных комплексов, поэтому мелиоративный агроландшафт начал разрушаться вследствие подъема уровня грунтовых вод и засоления почв.

Таким образом, проблема устойчивого развития орошаемого земледелия всецело зависит от надежности работы оросительной и дренажной сети. Дренаж не только поддерживает уровень грунтовых вод на определенной глубине, но и обеспечивает регулирование водно-солевого режима почв. Поэтому выход из строя вертикального дренажа в Махтааральском районе, где почвогрунты и водоносные горизонты засолены, привел к деградации (засолению, осолонцеванию) орошаемых земель. Для повышения продуктивности орошаемых земель потребуются время и значительные затраты на восстановление работоспособности вертикального дренажа или нового строительства. Синхронизация работы дренажных систем и технологии орошения обеспечит снижение суммарного расхода оросительной воды, непродуктивных потерь удобрений, накопление солей в почве и ухудшение ее структуры.

#### Библиографический список

1. Отчет о мелиоративном состоянии орошаемых земель Южно-Казахстанской области за 2011 год. –Шымкент, 2012 г. – 76 с.
2. Решеткина М.Н., Барон В.А., Якубов Х.Е. Вертикальный дренаж. М. «Колос», 1966, — 248 с.
3. Броницкий. Горизонтальный и вертикальный дренаж в старой зоне голодной степи. Гидротехника и мелиорация, 1962, № 9, — С. 12—20
4. Панкратов П.А. Гидрогеологическое обоснование ирригационно-мелиоративных мероприятий в Таджикистане, Душанбе, 1969, — 120 с.
5. Панкратов П.А., Керзум П.А. Рациональное использование земельно-водных ресурсов. Хлопководство, 1974, № 4, — С. 39—42
6. Духовный В.А. Совершенствование дренажных систем и их эксплуатации. Гидротехника и мелиорация, 1985, № 11, — С. 39—42
7. Мустафаев М.Г. Роль мелиорации почв Мугано-Сальянского массива. Мат.межд.на—род. конф. «Мелиорация и водное хозяйство XXI века. Наука и образование. г. Горки, 2009, с.41—45

#### Summary

*Bekbayev R., Zhaparkulova E., Bekbayev U., Musin Zh.*

#### EFFICIENCY OF DRAINAGE SYSTEMS AT REGULATION OF THE WATER-SALT MODE OF SOILS IN THE CONDITIONS OF GROWTH OF DEFICIENCY OF SUPERFICIAL WATER RESOURCES

In article fluctuations of an urovenny mode of ground waters are considered influence of a drenirovannost of irrigated lands on a water-salt mode of soils. It is shown efficiency of drainage systems at regulation of a water-salt mode of soils in the conditions of growth of deficiency of superficial water resources.

Поступила 10.09.2013