

Ретехнологизация способа подготовки дренажных и сбросных вод для оросительной мелиорации

Д.Г. Васильев, аспирант, ФГБНУ РосНИИПМ

Развитие водных мелиораций находится в тесной зависимости от рационального использования и охраны водных ресурсов. Дренажные и сбросные воды с сельскохозяйственных территорий могут рассматриваться в качестве стратегического резерва для удовлетворения постоянно растущего спроса на природную воду.

В мире основная масса потребляемой воды – 70% используется в сельском хозяйстве, в основном для орошения. Так, для выращивания 1 т пшеницы, продаваемой на мировом рынке, в среднем требуется 1 тыс. м³ воды. Значительную часть воды – 20% расходует промышленность, а остальная вода – 10% направляется в коммунальное хозяйство.

Одним из направлений приоритетных стратегий устойчивого управления доступными водными ресурсами является повторное использование дренажно-сбросных вод для оросительной мелиорации в сельском хозяйстве с учётом гидрогеолого-мелиоративных условий местности [1].

Целью исследования являлось обоснование ретехнологизации способа подготовки дренажных и сбросных вод для оросительной мелиорации.

В задачи исследования входило:

– проанализировать существующие способы подготовки дренажных и сбросных вод для сельскохозяйственного использования;

– изучить эффективность очистки дренажных и сбросных вод на коалесцентных модулях;

– усовершенствовать способ подготовки дренажных и сбросных вод для орошения сельскохозяйственных угодий сельскохозяйственного использования.

Материал и методы исследования. Химический состав дренажного стока изучали на территории Семикаракорского района Ростовской области на полях СПССК «Семикаракорский» (ИП Анастасиадис). Геологическое строение опытного участка делювиальные глинистые и аллювиальные песчаные отложения верхне-четвертичного возраста. Почвы представлены чернозёмами южными, характеризующимися как не засоленные и не подверженные ощелачиванию. Содержание нитратного азота в почве, который является основным элементом питания растений, соответствует низкой обеспеченности и в среднем не превышает 6 мг/кг. В границах исследуемого участка реализуется овощной севооборот: лук – средняя капуста – картофель – поздняя капуста.

Глубина залегания грунтовых вод составляла в период исследования 3,0–3,5 м. Дренаж на участке имеет глубину заложения от 2,6–3,7 м, междренные расстояния 240–200 м.

Отбор проб производился из коллекторов дренажной сети в тёплый период года (с мая по октябрь). В пробах определяли содержание рН,

сухого остатка, HCO_3 , Cl , SO_4 , Ca , Mg , Na , меди, железа.

Физико-химический состав исследуемых дренажных и сбросных вод представлен в таблице 1.

Результаты исследования. Традиционно орошение сельскохозяйственных культур дренажными и сбросными водами осуществлялось согласно следующим технологическим вариантам [2]: I – предварительное снижение минерализации, без улучшения химического соотношения солей; II – предварительное снижение минерализации и улучшение химического и солевого состава; III – без снижения минерализации, но с улучшением химического солевого состава; IV – без снижения минерализации и без улучшения химического солевого состава.

I технологический вариант нашёл применение в зернокармливых севооборотах за счёт подкачки дренажных и сбросных вод в межхозяйственные распределительные каналы. Минерализация усреднённых смешанных вод не превышала $0,5 \text{ г/дм}^3$ на протяжении всего вегетационного периода. При этом суммарный объём дренажных и сбросных вод, используемых в данной технологии, не превышал 20 млн м^3 в год.

Исследования, проводимые в условиях засушливых и полузасушливых районов Индии в сухой зимний период, показали, что при орошении дренажными водами урожайность проса и сорго значительно снизилась только при применении воды с содержанием 12 Ds/м [3].

В свою очередь II вариант применения подразумевает не только снижение минерализации дренажных и сбросных вод путём их разбавления, но и создание условий для натрия с кальцием в обменных основаниях. При этом необходимо, чтобы соотношение $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$ было ниже единицы, а $\text{Na}^+ (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ – меньше $0,7$. Описанные условия могут быть достигнуты путём внесения химических мелиорантов (гипс, фосогипс, известь).

Последние два варианта технологических решений используются в случае слабой минерализации сбросных и дренажных вод (до 3 г/дм^3) и без предварительного снижения минерализации, но с улучшением состава обменных оснований за счёт внесения гипса в воду или почву.

На сегодняшний день в связи с широким применением при возделывании сельскохозяйственных культур различных химических удобрений, пестицидов, гербицидов возникает риск загрязнения ими подземных вод и почвенных горизонтов. Как показывают многочисленные исследования эксплуатирующих организаций, на сбросе дренажных

и сбросных вод в поверхностные водотоки и водоёмы наблюдается значительное превышение по таким соединениям, как нитратный и нитритный азот, фосфор, калий, магний, кальций, хлориды, сульфаты и органические вещества [4].

В связи с этим возникла необходимость в разработке технологий подготовки дренажных вод для дальнейшего использования в сельском хозяйстве. Предложена биологическая очистка дренажных и сбросных вод хлорококковыми микроводорослями – *Chlorella pyrenoudosa* (Chik) и *Scenedesmus obliquus* (Kitz). После реализации предложенной схемы дренажные и сбросные воды можно применять для орошения сельскохозяйственных культур и для предпосевной обработки (замочки) семян хлопчатника, а также избыточные микроводоросли могут использовать для кормления растительно-ядных рыб [5].

Следует также остановиться на электромембранном методе, который широко используется в практике подготовки дренажных и сбросных вод. Он нашёл своё применение при снижении общего содержания. Нами предложена технологическая схема, имеющая следующий принцип работы: дренажные и сбросные воды в самотёчном режиме поступают на решётки для удаления крупных примесей, далее вода направляется на песколовки, а оттуда – на блок тонкослойного отстаивания. Доочистка производится на песчаных и электромембранных фильтрах [6]. Эффективность предложенного метода подтверждена исследованиями иракских учёных, которые доказали возможность использования NF-мембраны для опреснения дренажных и сбросных вод [7].

В мировой практике для обеспечения безопасного повторного использования дренажных и сбросных вод выделяют три технологических комплекса. Первый основан на удалении взвешенных и растворимых органических загрязнителей из дренажных и сбросных вод. Второй включает традиционные методы обессоливания – обратный осмос, электромембранные методы и т.д. Третий технологический комплекс позволяет удалять токсичные загрязнения [8].

Нами предложен способ подготовки дренажных и сбросных вод, базирующийся на применении всех трёх общепринятых технологических комплексов и особенностях формирования дренажно-сбросных вод и формирующихся на их основе качественных показателей. Данный способ подготовки позволяет удалить механические примеси, органические вещества, ионы тяжёлых металлов и также избыток солей [9].

1. Физико-химический состав исследуемых дренажных и сбросных вод

| Cl^- , г/дм ³ | SO_4^{2-} , г/дм ³ | HCO_3^- , г/дм ³ | Ca^{2+} , г/дм ³ | Mg^{2+} , г/дм ³ | Na^{2+} , г/дм ³ | pH | Сумма ионов, г | Сухой остаток, г | Cu, мг/дм ³ | Fe, мг/дм ³ |
|--------------------------------------|---|---|---|---|---|------|-------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0,502 | 0,786 | 0,124 | 0,150 | 0,132 | 0,341 | 7,85 | 2,235 | 2,2 | 0,24 | 1,158 |

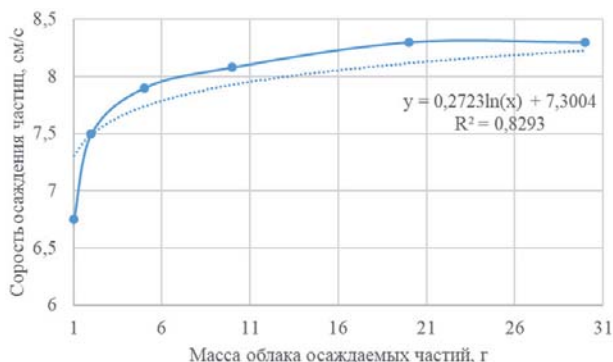


Рис. – Зависимость скорости осаждения минеральных веществ от массы облака частиц диаметром 0,04 см и температуры воды t=18°C

Более подробно остановимся на изучении процесса отстаивания дренажных и сбросных вод в отстойниках с коалесцентными модулями. Согласно технологии подготовки, дренажные и поверхностные воды из промежуточной накопительной ёмкости погружным насосом подаются в нижнюю часть горизонтального отстойника, где происходит равномерное распределение потока воды по сечению. В месте стыка днища и коробчатой обечайки смонтирована съёмная решётка, на которую помещён коалесцентный модуль. Далее осветлённая вода поступает на фильтрующие сорбционные кассеты, которые наполняют сорбентами в равном соотношении в следующей последовательности: С-ВЕРАД, цеолит, кварц.

Перемещаясь через коалесцентные модули, минеральные примеси осаждаются на их поверхности. При достижении критической толщины слоя загрязнения наблюдается их отрыв от поверхности модулей и осаждение на дно отстойной части, при этом процессе формируется дополнительный взвешенный фильтрующий слой.

При осаждении минеральных частиц в коалесцентных модулях происходит их взаимодействие между собой, причём скорость их осаждения увеличивается пропорционально массе облака частиц. Данное утверждение подтверждается зависимостью, представленной на рисунке.

Как показывает зависимость, при увеличении массы облака оседающих минеральных частиц скорость осаждения увеличивается, тем самым повышается эффективность очистки.

В таблице 2 представлены результаты экспериментального исследования очистки дренажных и

сбросных вод соответственно до и после реализации предлагаемого способа.

По результатам исследования, способ, реализуемый по предложенной технологической схеме, позволяет удалить из воды грубые механические примеси и нефтепродукты с эффектом очистки 70–80%, тяжёлые металлы, органические вещества и соли – 85–90%. Применение съёмной фильтрующей кассеты позволит значительно упростить процесс регенерации сорбентов, так как их возможно изъять из сбросного канала подъёмными механизмами и осуществить процесс обратной промывки над защищённой поверхностью, тем самым предотвратить попадание промывной воды на орошаемые участки.

Выводы. 1. Выделено три технологических комплекса по подготовке дренажных и сбросных вод для водных мелиораций. Первый основан на удалении взвешенных и растворимых органических загрязнителей из дренажных и сбросных вод. Второй включает традиционные методы обессоливания – обратный осмос, электромембранные методы и т.д. Третий технологический комплекс позволяет удалять токсичные загрязнения.

2. Предложен способ очистки дренажно-сбросных вод для орошения сельскохозяйственных культур, включающий удаление механических примесей и нефтепродуктов (на первой стадии) на коалесцентных модулях, смонтированных непосредственно на сбросном или дренажном канале в виде каркасного модуля, и выделения ионов тяжёлых металлов, органических веществ и избытка солей (на второй стадии) в сорбционном блоке, включающем три сорбционных слоя С-ВЕРАД, цеолит, кварц в равном соотношении, помещённых в сетку фильтрующей кассеты кассетоудерживающего устройства.

3. При осаждении минеральных частиц в коалесцентных модулях происходит их взаимодействие между собой, при этом скорость их осаждения увеличивается пропорционально массе облака частиц, тем самым повышается эффективность очистки.

4. Способ позволяет повысить качество подготовки дренажно-сбросных вод для орошения сельскохозяйственных культур, расширить диапазон использования дренажных и сбросных вод, имеющих различный химический состав, упростить процесс монтажа фильтрующих элементов за счёт применения модульных фильтрующих блоков.

2. Результаты исследований до и после подготовки дренажных и сбросных вод для орошения сельскохозяйственных культур

| № п/п | Cl ⁻ , г/дм ³ | SO ₄ ²⁻ , г/дм ³ | HCO ₃ ⁻ , г/дм ³ | Ca ²⁺ , г/дм ³ | Mg ²⁺ , г/дм ³ | Na ⁺ , г/дм ³ | pH | Сумма ионов, г | Сухой остаток, г | Cu, мг/дм ³ | Fe, мг/дм ³ |
|---------------|-------------------------------------|---|---|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------|----------------|------------------|------------------------|------------------------|
| До очистки | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,502 | 0,786 | 0,124 | 0,150 | 0,132 | 0,341 | 7,85 | 2,235 | 2,2 | 0,24 | 1,158 |
| После очистки | | | | | | | | | | | |
| 2 | 0,127 | 0,298 | 0,052 | 0,021 | 0,080 | 0,154 | 7,5 | 1,596 | 1,23 | 0,04 | 0,56 |

Литература

1. Vasilyev S, Domashenko Y. Agroecological substantiation for the use of treated wastewater for irrigation of agricultural land // Journal of ecological engineering / Volume 19, Issue 1, January 2018. P. 48–54.
2. Супряга И.К. Дренажно-сбросные воды: количество, качество и пути утилизации // Мелиорация и водное хозяйство. 1988. № 12. С. 25–27.
3. Sharma D., Rao K. Strategy for long term use of saline drainage water for irrigation in semi-arid regions // Soil and Tillage Research. 1998. Т. 48. №. 4. С. 287–295.
4. Rhoades J.D. et al. Use of saline drainage water for irrigation: Imperial Valley study // Agricultural Water Management. 1989. Т. 16. №. 1–2. С. 25–36.
5. Рашидов Н., Джумаев Л., Уракова М. Способы очистки коллекторно-дренажных вод с помощью микроводорослей и их использование в сельском хозяйстве // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: матер. IV междунар. науч. экологич. конф. Краснодар, 2015. С. 241–243.
6. Калыбек У.М. Рекомендуемая технологическая схема для опреснения поливных, коллекторно-дренажных вод // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 11-2. С. 52–56.
7. Talaat H.A., Ahmed S.R. Treatment of agricultural drainage water: technological schemes and financial indicators // Desalination. 2007. Т. 204. №. 1–3. С. 102–112.
8. Talaat H.A. et al. Pretreatment of agricultural drainage water (ADW) for large-scale desalination // Desalination. 2003. Т. 152. №. 1–3. С. 299–305.
9. Васильев Д.Г. Оценка пригодности дренажно-сбросных вод для орошения с учётом почвенно-мелиоративных условий / Д.Г. Васильев, Ю.Е. Домашенко, С.М. Васильев // Бюллетень науки и практики. 2018. № 3. Т. 4. С. 63–68. – DOI: 10.5281/zenodo.1197906.