

УДК 502/504:631.626

**Л. В. КИРЕЙЧЕВА**

Государственное научное учреждение

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова

**И. В. ГЛАЗУНОВА**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Московский государственный университет природообустройства»**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРУДОВ-НАКОПИТЕЛЕЙ  
ДРЕНАЖНОГО СТОКА ДЛЯ ЛОКАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ОРОШЕНИЯ**

*Рассматривается возможность локального подхода к размещению дренажа в виде замкнутых водооборотных систем. Необходимыми элементами такой системы являются технологические узлы по очистке и обессоливанию дренажных вод и пруды-накопители дренажного стока. Приводятся данные по объемам и качеству дренажного стока для оросительных систем юга России, формулы для расчета объема воды для разбавления загрязненного и минерализованного дренажного стока и необходимого количества сорбента для его кондиционирования.*

*Дренажный сток, локальные участки орошения, повторное использование дренажного стока, пруды-накопители, очистка и обессоливание дренажного стока, сорбенты для поглощения загрязняющих веществ.*

*On-farm approach for drainage flow recycling in the local irrigated areas is considered. Storage pond and drainage flow treatment facilities are required to provide drainage flow conditioning. Data on drainage flow unit discharges as well as its quality are given for the south of Russia. Design equations for pond parameters calculation including dilution, demineralization and adsorbing processes are given.*

*Drainage flow, local irrigated areas, drainage flow recycling, storage pond, drainage flow treatment and demineralization, sorbents for pollutants removing.*

Социально-политическая перестройка, произошедшая в России в девяностые годы прошлого столетия, повлекла за собой изменения в аграрном секторе. Наряду с крупными сельскохозяйственными предприятиями в стране появилось множество различных форм хозяйствования. В настоящее время в России их насчитывается около 90 %. Крупные оросительные системы, которые строились для орошения больших полей, теперь должны эксплуатироваться и управляться в условиях совместного присутствия частной и общественной собственности. Интегрированный подход в управлении оросительными системами предполагает решение задачи эффективного использования оросительной воды.

Один из подходов для обеспечения устойчивых урожаев в засушливых областях – внутрисистемное использо-

вание дренажного стока, которое осуществляется локально для отдельных хозяйств в составе общего водопользования в пределах оросительной системы. Специфика замкнутых дренажных систем локального типа определяет требования к конструкциям дрен и параметрам дренажа.

Как известно, негативным последствием функционирования дренажных систем является дренажный сток. С одной стороны, он выступает как загрязнитель поверхностных вод, с другой, при соответствующей подготовке, – как дополнительный источник оросительной воды. В России формируется около 5 км<sup>3</sup> дренажно-сбросных вод в год. Кроме того, специфика гидродинамического и гидрохимического режима требует локального подхода к размещению дренажных систем. На небольших участках от 10 до 240 га рекомендуется

создавать замкнутые водооборотные системы, обеспечивающие регулирование объема и качество дренажных вод, используемых для орошения или для других нужд. Это дает возможность улучшить водный режим территории, сохранить благоприятную экологическую обстановку и сэкономить водные ресурсы. Для этого требуется создание накопителей дренажного стока в виде бассейнов сезонного регулирования или емкостей, зависящих от объема и минерализации стока, а также от объема пресной воды, необходимой для разбавления стока. Отношение объема пресной воды к дренажной (при смешивании) составляет:  $D = (C_{др} - C_3) : (C_3 - C_{пр})$ , где  $C_{др}$  – минерализация дренажной воды;  $C_3$  – минерализация воды, которую необходимо получить после разбавления;  $C_{пр}$  – минерализация воды, используемая при разбавлении.

При небольшой минерализации дренажных вод до 3 г/л рекомендуется использовать природные или модифицированные сорбенты, как правило, с большим содержанием кальция, что обеспечивает не только очистку дренажного стока, но и улучшает соотношение ионов кальция и натрия в подготовленной воде. Сорбенты в гранулированном виде рекомендуется помещать в специальные кассеты, которые устанавливаются в накопителе дренажного стока. При минерализации от 3 до 10 г/л рекомендуется использовать электродиализные установки производительностью до 20 л/с. В условиях острой нехватки водных ресурсов и при минерализации дренажных вод более 10 г/л предлагается метод ионного обмена. Авторами разработана технология, позволяющая осуществлять обессоливание дренажного стока непосредственно на системе (при этом вода самотеком поступает через ионообменные фильтры). В процессе деминерализации не выделяются никакие отходы, кроме отработанных ионитов, которые направляются на регенерацию. Процесс регенерации осуществляется в экологически чистом режиме без каких-либо стоков (рис. 1).

Анализ объемов и качества дренажного стока проведен для Волгоградской области. Дренажный сток Волгоградской области является типичным

для сухостепной зоны страны, где в силу совокупности почвенных, климатических, гидрогеологических и организационно-хозяйственных условий в состав гидромелиоративных систем, как правило, должен входить дренаж, а дренажные воды, вследствие повышенного уровня минерализации и загрязнения остатками удобрений, пестицидов и тяжелых металлов, представляют реальную опасность для окружающей природной среды. Ежегодные данные по объемам дренажных вод  $W_d$  в области достаточно хорошо аппроксимируется следующим уравнением [1]:

$$W_d = 1,837F_d + 2,015,$$

где  $F_d$  – общая площадь дренажа, тыс. га.

Использование расчетного метода определения объемов дренажных вод с оросительных систем вызвано тем, что гидрометрические работы по их систематическому учету в области не проводятся. В расчетах годовых объемов дренажного стока используются проектные модули дренажного стока оросительных систем (л/с · га): Большая Волгоградская – 0,059; Волго-Донская – 0,09; Городищенская – 0,04; Котельниковская – 0,07; Палласовская – нет данных.

По данным [1], 82,7 % всех дренажных участков имеет площадь до 750 га, из них 31,7 % приходится на системы с площадью 250...500 га

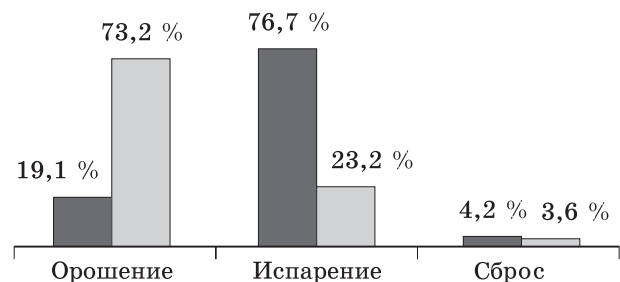


Рис. 1 Распределение оросительных систем Волгоградской области по способам утилизации дренажного стока: ■ – горизонтальный дренаж; □ – вертикальный дренаж

Однако дренажно-сбросные воды имеют повышенную минерализацию, загрязнены остатками пестицидов, удобрений и тяжелыми металлами, что ограничивает их применение как на орошение, так и для других хозяйственных нужд. Поэтому для повторного их

использования в накопительных емкостях рекомендуется создавать технологические узлы по очистке и кондиционированию воды [2].

Расчет параметров пруда-накопителя с технологическими узлами очистки дренажного стока выполнен для локального участка орошения, расположенного в Волгоградской области. Площадь участка 213 га. С целью предотвращения засоления почв на системе запроектирован горизонтальный дренаж: глубина дрен 3...3,5 м, междреннее расстояние 120 м. На рис. 2 приведены данные по минерализации и химическому составу дренажных вод Большой Волгоградской, Волго-Донской, Городищенской и Палласовской оросительных систем. Дренажный сток имеет минерализацию от 11 до 17 г/л, рН 8,5, тип воды сульфатно-натриевый, загрязненный остатками удобрений и пестицидами (таблица). Сбросная вода также имеет загрязнение выше ПДК, но ее минерализация ниже и составляет 3...3,5 г/л. Сбросная вода с дренажным стоком смешивается в коллекторе в равных долях, поэтому усредненная минерализация составит не более 8,5 г/л.

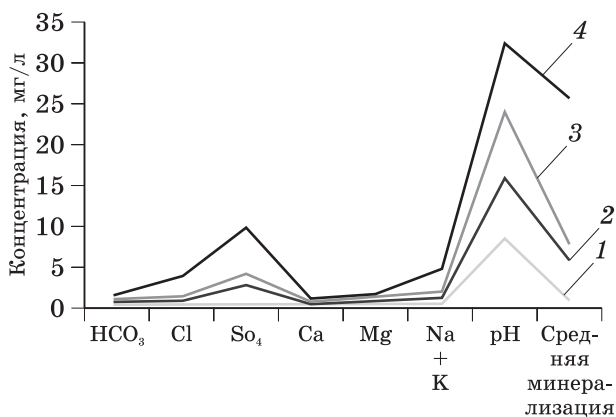


Рис. 2. Минерализация и химический состав дренажных вод для оросительных систем Волгоградской области: 1 – Палласовская; 2 – Городищенская; 3 – Волго-Донская; 4 – Волгоградская

Для предотвращения испарения накопительную емкость необходимо делать закрытой, с водонепроницаемым дном (такое дно предотвращает фильтрацию в грунтовые воды). Накопительный пруд целесообразно проектировать двухсекционным, с переливной перегородкой, выполненной с засыпкой гранулированным

сорбентом или со съёмными модулями из сорбентов по габионному типу. При минерализации дренажного стока более 10 мг/л предусматривается модуль с ионно-обменными фильтрами. Для предотвращения эвтрофирования пруда при разрастании водной растительности необходимый объем:

$$V_{пз\ пруда} = V_{плэн} \cdot V_{мо},$$

что составляет около 9 % от общей подачи воды на орошение.

Необходимый объем разбавления чистой водой во второй секции пруда после очистки дренажного стока сорбентами при фильтрации через перегородку пруда (при расчете по фосфатам) определяется по формуле с учетом предельной загрязняющей нагрузки:

$$W_{пз} = W_{вв} K_{пз},$$

где  $K_{пз}$  – коэффициент, учитывающий максимально требуемую кратность разбавления по загрязняющим веществам в возвратных (дренажных) водах.

Коэффициент предельного загрязнения

$$K_{пз} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{ПДК_j} - 1,$$

где  $C_j$  – концентрация загрязняющего вещества в возвратных (дренажных) водах, мг/л;  $ПДК_j$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в возвратных водах, мг/л;  $n$  – количество загрязняющих веществ, используемых для оценки загрязненности сточных вод.

Расчет коэффициентов предельной загрязненности для локального участка орошения представлен в таблице.

**Значения коэффициента предельной загрязненности**

Загрязняющее вещество	$C_{вв}$ , мг/л	ПДК, мг/л	$K_{пзи}$
$P_2O_5$	2,10	0,3	2,50
$N-NO_3$	10,18	9,1	-0,44

Из таблицы следует, что необходимо предусмотреть объемы разбавления по фосфатам, но нет необходимости учитывать нитраты, так как коэффициент предельной загрязненности имеет значение меньше нуля. Таким образом, после разбавления воды с целью предотвращения эвтрофирования минерализация составит 5,2 г/л. Для использования воды на орошение кормовых культур, в частности люцерны, необходимо разбавить

накопленную воду до 4...6 г/л. Научными исследованиями и практикой доказаны экономическая эффективность и экологическая безопасность орошения «люцерны синегибридной» минерализованными водами в условиях полупустынных почв. С учетом указанных требований для обеспечения минерализации до 5 г/л в накопительный пруд необходимо добавить 0,004 млн м<sup>3</sup> природной воды, имеющей минерализацию до 1 г/л.

Объем воды, необходимой для разбавления минерализованных вод, составит:  $V_{\text{разб. пруда}} = V_{\text{плзн}} \cdot D$ . Объем пруда с учетом разбавления минерализованной воды природной водой:  $V_{\text{плзн}} = V_{\text{пз пруда}} + V_{\text{разб. пруда}}$ .

Полный объем пруда:  
 $V_{\text{пруда}} = V_{\text{плзн}} + V_{\text{мо}}$ .

В результате подготовленная вода будет иметь минерализацию 4,9 г/л, что позволяет ее использовать на орошение в критические периоды, однако в ней останутся тяжелые металлы. Для удаления последних и кондиционирования качества воды рекомендуется использовать гранулированные сорбенты, разработанные во Всероссийском научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова на основе природного карбонатного сапропеля: сорбекс, сапропель-актив, сапролен.

Количество сорбента определено из условия поглощения металлов, содержащихся в дренажном и поверхностном стоке, и доведения их концентраций в фильтрате до ПДК. Суммарное количество загрязнений, поступающих на сорбент за цикл фильтрации (вегетационный период), определяется так:

$$G = V[C_{\text{ст}_i} - C_{\text{ПДК}_i}],$$

где  $C_{\text{ст}_i}$  – концентрация  $i$ -го вещества в стоке, мг/л;  $\text{ПДК}_i$  – предельно-допустимая концентрация  $i$ -го вещества, мг/л;  $V$  – общий объем дренажного стока, м<sup>3</sup>.

Для поглощения таких тяжелых металлов, как свинец и медь, которые накапливаются в сельскохозяйственных растениях при попадании их с оросительной водой при поглощении сорбексом, требуется 3...4 кг сорбента. Поглощающая способность гранулированного сорбента 256 мг·экв./100 г; объемный вес сорбента 0,7...0,8 т/м<sup>3</sup>.

Из трех растворенных металлов наибольшая емкость сорбентов в отношении ионов цинка. Один грамм сапропеля поглощает 2,25 мг этого металла, сорбекса – 2,58 мг. Степень извлечения цинка из воды

соответственно равна 85 и 98 %. Показатели работы сорбентов по меди следующие: сорбционная обменная емкость сапропеля – 0,87 мг/г, сорбекса – 0,85 мг/г, что соответствует степени извлечения 95 и 92 % соответственно. Учитывая погрешность измерения прибора, можно утверждать, что сорбция меди сорбентами одинаковая. Свинец поглощается сапропелем в объеме 0,70 мг/г. Сорбекс поглощает этот металл в объеме 0,74 мг. В относительной величине это равно 89 и 94 % соответственно.

Необходимое количество сапропеля для укладки в мешки для уплотнения не превышает 1,5 т (технологичность транспортировки не нарушается). Время сменяемости сорбента 1 год. Схема накопителя с технологическим узлом по очистке показана на рис. 3.

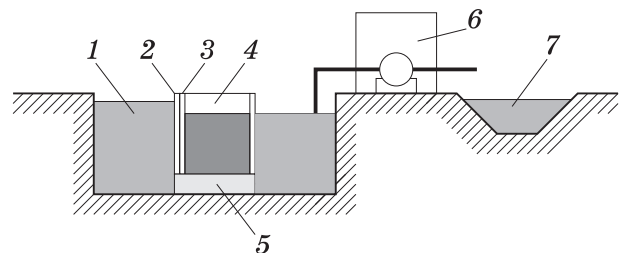


Рис. 3. Схема накопителя дренажно-сбросных вод с технологическим узлом по очистке воды от тяжелых металлов: 1 – секция пруда, содержащая загрязненный сток; 2 – кожух фильтрационно-сорбирующей галереи; 3 – фильтр грубой очистки; 4 – насыпной сорбент; 5 – водонепроницаемая перегородка; 6 – насосная станция; 7 – оросительный канал

Использование природных карбонатных сорбентов позволяет не только очистить воду от тяжелых металлов, пестицидов и других загрязнителей, но и обогатить ее ионами кальция, благодаря чему предупреждается осолонцевание почв.

При дефиците оросительной воды, необходимой для разбавления дренажно-сбросных вод, следует применять методы обессоливания. Всероссийским научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова совместно с Московским государственным университетом имени М. В. Ломоносова проведены исследования обессоливания дренажных вод на локальном участке орошения в Волгоградской области при применении катионита КУ-2х8 и



анионита АН-511. В процессе фильтрации через ионообменные фильтры минерализация дренажной воды уменьшилась с 17 до 0,3 г/л. Таким образом, в прудах-накопителях можно устанавливать деминерализационную галерею, в которой последовательно загружаются ионообменные фильтры.

#### Выводы

Спецификой замкнутых систем локального типа определены требования к конструкциям дрен и параметрам дренажа. Конструкции дрен должны быть повышенной надежности благодаря применению пластмассовых труб и геотекстиля в качестве фильтровой оболочки. На дренажной системе следует предусматривать задвижки для регулирования расхода, датчики за контролем качества обессоленной и подготовленной воды, емкость для сбора и накопления подготовленного к повторному использованию дренажного стока, насосные перекачивающие станции для подачи воды на орошение.

Дренажные воды для мелких орошаемых участков целесообразно накапливать, очищать от загрязнителей, разбав-

лять пресной водой или обессоливать и повторно использовать на орошение или другие нужды. Это даст возможность улучшить водный режим территории, сохранить благоприятную экологическую обстановку и сэкономить до 15...20 % природной воды.

1. **Конторович И. И., Бродычев В. В.** Электронная база данных по минерализации и химическому составу дренажных вод с орошаемых земель Волгоградской области: отчет о НИР. – М.: ВНИИГиМ, 2005. – 159 с.

2. **Кирейчева Л. В.** Перспективы развития дренажа в Поволжье // Мелиорация и водное хозяйство. – 1992. – № 3,4. – С. 33–37.

Материал поступил в редакцию 21.04.12.

**Кирейчева Людмила Владимировна**, доктор технических наук, профессор, зам. директора по науке  
Тел. 8 (499) 154-13-26  
E-mail: kireycheva@vniigim.ru  
**Глазунова Ирина Викторовна**, кандидат технических наук, доцент  
Тел. 8 (499) 976-21-56

УДК 502/504:631.6

**А. Ф. ХАЗИПОВА, А. Р. ХАФИЗОВ**

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Башкирский государственный аграрный университет», Уфа

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ ЛАНДШАФТНЫХ КАТЕН

*Исследовано влияние морфометрических параметров ландшафтных катен водосборов на их экологически безопасный мелиоративный режим. Разработана методика по исследованию изменения предполивной влажности, определяющей экологически безопасный режим орошения.*

*Морфометрические параметры, ландшафтные катены, мелиоративный режим, предполивная влажность, экологически безопасный режим орошения.*

*The influence of morphometric parameters of landscape catenas of water catching areas on their environmentally safe reclamation regime is investigated. The method is developed for studying the change of the pre-irrigation humidity which determine an environmentally safe irrigation regime depending on morphometric parameters.*

*Morphometric parameters, landscape catenas, reclamation regime, pre-irrigation humidity, environmentally safe irrigation regime.*