

Предложенная конструкция, благодаря чередованию узлов слияния и бифуркации водного потока позволяет максимально использовать водные ресурсы мелиорируемой территории и обеспечивать как экологическую устойчивость, так и пожарную безопасность мелиорируемых торфяно-болотных ландшафтов, что приобретает особую актуальность в связи с нарастающей аридизацией климата в Центральной России. Технология гидромелиоративного рециклинга была использована в 2014 году при разработке проекта восстановления комплекса выработанных торфяников объекта «Завидово», расположенного на территории Московской и Тверской областей России. Такой подход предлагается целесообразным также при разработке и реализации бассейновых схем мелиорации земель.

Список использованных источников

- 1 Маслов Б.С. Гидрология торфяных болот. – М.: Россельхозакадемия, 2009. – 266 с.
- 2 Пыленок П.И. Ренатурализация осушенных болот: гидрологические предпосылки и технологии // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2013, №1, с. 38-42.
- 3 Пыленок П.И., Бородычев В.В., Салдаев А.М. Осушительно-увлажнительная мелиоративная система. // Патент РФ №2233075, Бюл. №21, 2004.
- 4 Пыленок П.И. Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья: сб. докл. Междунар. научн. конф. (Минск, 14-17 сент. 2016 г.). В 2 т. Т 2. Минск: Беларуская наука, 2016, с. 106-110.
- 5 Семенова К.С. Обоснование противопожарного шлюзования осушенных торфяников в условиях мещерской низменности// Автореф... дисс. канд. техн. наук. М.. 2016.
- 6 Черняев А.М. (ред.) Россия: Водно-ресурсный потенциал. – Екатеринбург, Аэрокосмоэкология, 1998. – 342 с.

УДК 628.1

В.С. Гевод, доц., д-р хим. наук; И.А. Борисов, студ.

Украинский государственный химико-технологический университет, г. Днепр, Украина

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ВНУТРИ ВОДОПРОВОДОВ И ЭКОНОМИЧНЫЙ СПОСОБ ЕЁ ДООЧИСТКИ В МЕСТАХ ПОТРЕБЛЕНИЯ

В настоящее время подавляющее большинство населения крупных городов обеспечивается питьевой водой предприятиями централизованной водоподготовки. С выхода из этих предприятий очищенная и обеззараженная, а иногда и специально обессоленная природная вода подается к потребителям по магистральным и локальным водопроводам.

На протяжении многих десятилетий считалось очевидным, что качество водопроводной воды зависит только от совершенства её начальной очистки на предприятии водоподготовки. Поэтому если при подаче в водопровод вода соответствовала требованиям токсикологической и микробиологической безопасности, то не вызывало сомнений, что при исправном водопроводе качество воды на его любом участке будет таким же, как и на входе в водопровод. Но по мере расширения селитебных территорий и охвата все большего количества населения централизованным водоснабжением было обнаружено, что с увеличением протяженности водопроводов в химическом и микробиологическом составах водопроводной воды происходят изменения [1]. И эти изменения столь драматичны, что качество воды на периферийных участках протяженных водопроводов почти всегда «де факто» оказывается ниже санитарно-гигиенических нормативов.

Деградация качества воды внутри водопроводов происходит в результате коррозии водопроводных труб, появления и развития биологических обрастаний в водопроводных системах и накопления в воде хлорорганических производных.

Раскрытие причин вторичного загрязнения водопроводной воды и осознание рисков, связанных с её употреблением, инициировало разработку и насыщение потребительского рынка различными водоочистительными устройствами типа «pointofentry» и «pointofuse».

В семействе этих изделий водоочистители [5] заслуживают особого внимания как в связи с реализованным в них способом очистки воды, так и в связи с их экопомичностью и экологической привлекательностью.

Принцип действия созданных приборов основан на использовании сопряженных физико-химических и микробиологических процессов удаления примесей из очищаемой воды без применения сменных фильтров и расходных материалов [2-4]. Очистка воды происходит при её непрерывной прокачке по замкнутой траектории через гравитационную фильтрующую зернистую загрузку, водо-воздушный эжектор и усовершенствованной флотатор (пузырьково-пленочный экстрактор). Таким образом, обеспечивается синхронная реализация процессов «механической» фильтрации, биологической фильтрации, аэрации и пузырьково-пленочной экстракции взвесей, коллоидных частиц, истинно растворенных эндогенных и экзогенных поверхностно-активных веществ (ПАВ) и комплементарных по отношению к ним поверхностно-инактивных примесей воды с участием положительных обратных связей между функциональными узлами в образующейся водоочистительной системе.

При этом гравитационная фильтрующая зернистая загрузка удаляет изводы крупно- и мелкодисперсные частицы ржавчины (продукты коррозии водопроводных труб) и фрагменты биологических обрастаний трубопроводов, в том числе их планктонную форму. Понижается также концентрация растворенных в воде органических веществ, которые поглощаются аэробной микрофлорой, инкубированной на зернах фильтрующей загрузки.

Эжектор создает в очищаемой воде поток воздушных пузырьков. Тем самым он обеспечивает удаление из воды её летучих примесей за счет обменной абсорбции, а нелетучих поверхностно-активных веществ – за счет их адсорбции на пузырьковых оболочках.

Насыщая воду атмосферным кислородом, водо-воздушный эжектор стимулирует также жизнедеятельность аэробных бактерий в поровом пространстве зернистой загрузки. В результате повышается эффективность биологической фильтрации, которая обеспечивается колониями этих бактерий.

Усовершенствованный флотатор (пузырьково-пленочный экстрактор) удаляет из очищаемой воды загрязнения, адсорбированные на поверхности пузырьков воздуха.

Эвакуируя из водного объема поверхностно-активные вещества – ингибиторы бактериального метаболизма, пузырьково-пленочный экстрактор дополнительно стимулирует жизнедеятельность аэробных гетеротрофов в поровом пространстве фильтрующей загрузки. А аэробные гетеротрофы, выделяя в очищаемую воду дополнительное количество поверхностно-активных продуктов своего метаболизма (которые являются эндогенными поверхностно-активными флокулянтами и собирателями ионов), обеспечивают приращение производительности пузырьково-пленочного экстрактора.

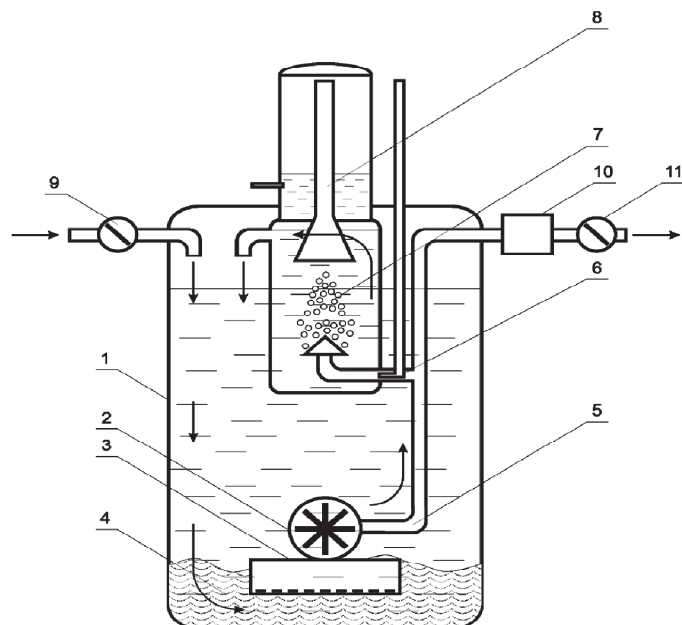
Устройство созданных водоочистителей показано на рисунке 1 [3, 4].

Очистка воды происходит в корпусе аппарата (1) с использованием энергии водного потока, создаваемого центробежным насосом (2). Насос соединен с дренажным устройством (3), заглубленным в гравитационную зернистую фильтрующую загрузку (4). Загрузка состоит из калиброванного кварцевого песка или из смеси этого песка с гранулированным мезопористым активированным углем.

Насос (2) обеспечивает непрерывную прокачку очищаемой воды через фильтрующую загрузку (4). Её тело вначале работает как контактный гетерокоагулятор и адсорбционный фильтр, а по мере появления и развития биообрастаний на зернах фильтрующего материала, превращается в биофильтр, объединяющий функции биопреципитатора и биокаталитического реактора.

Нагнетательная магистраль (5) от насоса (2) направляет поток фильтрата из зернистой загрузки (4) через эжектор (6) в модуль усовершенствованного флотатора (пузырьково-пленочного экстрактора). Составными частями этого модуля являются барботажный отсек (7) и собственно пузырьково-пленочный экстрактор (8).

В эжекторе (6) скоростная струя фильтрата, выходящая из его нагнетательного патрубка в камеру смешения (на рисунке не показана) засасывает атмосферный воздух и создает там водно-воздушную смесь с высоким газонаполнением.



1 – корпус аппарата; 2 – центробежный насос; 3 – дренажное устройство; 4 – фильтрующая загрузка; 5 – нагнетательная магистраль насоса; 6 – эжектор воздуха; 7 – барботажный отсек; 8 – пузырьково-пленочный экстрактор; 9 – кран подачи воды на очистку; 10 – УФ-стерилизатор; 11 – кран для отвода очищенной воды

Рисунок 1 – Схематическое устройство созданных водоочистителей

Из камеры смешения водно-воздушная смесь поступает в барботажный отсек (7), где из неё выделяется совокупность всплывающих воздушных пузырей.

На протяжении времени своего существования в водной среде, воздушные пузыри абсорбируют из окружающего водного пространства растворенные газы (летучие хлорорганические производные, сероводород, меркаптан, двуокись углерода) и адсорбируют эндогенные и экзогенные ПАВ с комплементарными по отношению к ним поверхностно-инактивными неорганическими примесями.

При этом сам водный объем насыщается кислородом воздуха, диффундирующим в воду из пузырей воздушного потока.

Достигая границы раздела фаз вода – атмосфера, пузыри разрушаются и из их внутреннего пространства улетучиваются газы, абсорбированные из воды, а примеси, адсорбированные на пузырьковых оболочках, высвобождаются на водную поверхность, образуя там зону насыщения (мономолекулярный слой) с концентрацией достаточной для того, чтобы накопившиеся ПАВ можно было удалять подходящим способом.

В созданных водоочистителях поверхностно – активные примеси и комплементарные по отношению к ним поверхностно-инактивные загрязнения воды эвакуируются из барботажного отсека через пузырьково-пленочный экстрактор (8).

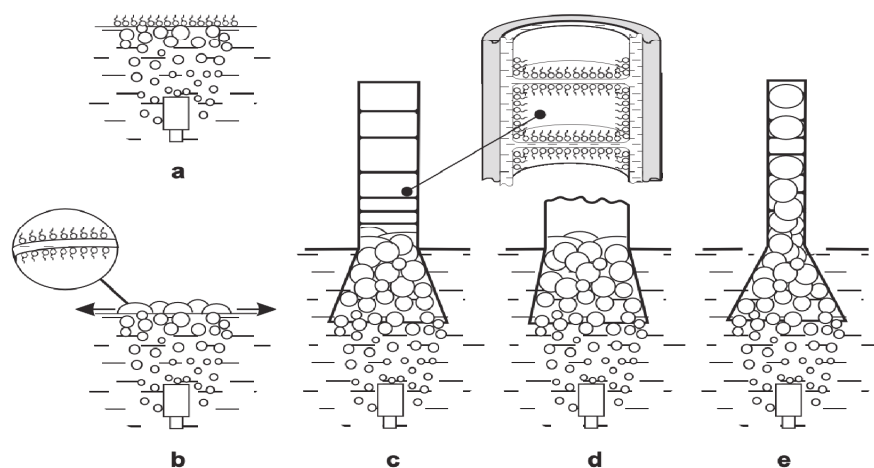
«Механизм» образования флотационного концентрата, и как он удаляется с помощью пузырьково-пленочного экстрактора показывает рисунок 2 [2].

В массиве фильтрующей загрузки продукты коррозии трубопроводов и нерастворимые в воде фрагменты биообрастаний водопроводных труб, (взвеси и «планктон»), задерживаются по механизмам инерционной и безынерционной гетерокоагуляции, а растворенные органические примеси биоокисляются аэробной микрофлорой, сформировавшей свои биообрастания на поверхности зерен загрузки.

Стабильность работы биофильтрационной ступени обеспечивается непрерывным насыщением фильтруемой воды кислородом из инжестируемого атмосферного воздуха.

При этом насыщение водного потока кислородом воздуха в барботажном отсеке пузырьково-пленочного экстрактора стимулирует активность микрофлоры в поровом пространстве зернистого фильтра. Вследствие этого к константе (k_1) скорости изъятия приме-

сей из воды в объеме этого фильтра, добавляется величина (Δk), которая обуславливает соответствующее увеличение (k_1) за счет интенсификации процесса биофильтрации при насыщении фильтруемой воды атмосферным кислородом. Одновременно концентрация поверхностно-активных продуктов микробиального метаболизма на выходе из биофильтра также возрастает. Но эти продукты являются природными флокулянтами и коллекторами ионных примесей воды. Они обеспечивают дополнительное агрегирование коллоидных частиц в барботажном отсеке пузырьково-пленочного экстрактора и их прилипание (адгезию) к пузырькам воздуха. Поэтому константа скорости пузырьково-пленочной экстракции (k_2) увеличивается на величину (Δk_2) и в результате получается значение ($k_2 + \Delta k_2$).



а – адсорбция поверхностно-активных примесей воды на пузырьковых оболочках и накопление этих примесей на водной поверхности в результате слияния оболочек воздушных пузырей с водной гладью;

б – формирование зачатков пены из накапливающегося флотоконцентрата. Пузырьки воздуха при перемещении через границу раздела фаз вода-атмосфера покрываются адсорбционными монослоями ПАВ с обеих сторон;

с – процесс внутри пузырьково – пленочного экстрактора с оптимальными размерами. Из потока воздушных пузырьков с ПАВ, адсорбированными на их поверхности, образуется поток тонких жидкостных пленок концентрата удаляемых загрязнений (токсичных экзоферментов, полипептидов, липидов). Строение пленок показано на выделенном фрагменте;

д, е – процессы внутри пузырьково-пленочных экстракторов с не оптимальными размерами. В случае (д) пузырьковые сферы разрушаются, не образуя воздушно-пленочного потока, а в случае (е) возникает явление аэролифта

Рисунок 2 – Иллюстрация принципа действия пузырьково-пленочного экстрактора и стадии процесса пузырьково – пленочной экстракции

Но при пузырьково-пленочной экстракции продукты микробиального метаболизма вместе с другими примесями непрерывно выводятся из циркулирующего водного потока через отводящий канал пузырьково-пленочного экстрактора. Как следствие, в фильтрационно-флотационной системе реализуется еще одна положительная обратная связь. Ее сущность состоит в том, что микробиальные метаболиты при их накоплении в среде существования бактерий угнетают активность бактериальных клеток по законам химической кинетики. И по этим же законам бактериальная активность возрастает, когда продукты бактериального метаболизма изымаются из инкубационной среды. В результате, к величине суммы ($k_1 + \Delta k$) добавляется составляющая (Δk_3), которая отображает повышение эффективности процесса биофильтрации за счет изъятия из фильтруемой воды бактериальных ингибиторов. В итоге результирующая константа скорости изъятия примесей в пространстве песчаного фильтра приобретает вид: ($k_1 + \Delta k + \Delta k_3$).

Поэтому зернистый фильтр и пузырьково-пленочный экстрактор, функционирующие в циркуляционном режиме, обеспечивают друг друга дополнительными возможностями удаления примесей за счет возникновения синергизма в этой системе. Иными словами, биообрастания, инкубированные в зернистом фильтре, обогащают фильтрат веществами, которые являются природными флокулянтами и тем самым повышают эффективность пузырьково-пленочной экстракции. А пузырьково-пленочная экстракция, принцип действия которой связан с насыщением водного потока кислородом воздуха и удалением из него продуктов жизнедеятельности бактерий, усиливает работу биофильтра. Это продолжается до тех пор, пока в циркулирующем водном потоке не исчерпаются компоненты питания для биологических обрастаний.

Таким образом, в циркуляционной водоочистительной системе между зернистым фильтром и пузырьково-пленочным экстрактором возникают три положительные обратные связи. Две из них направлены от пузырьково-пленочного экстрактора к песчаному фильтру и одна - от песчаного фильтра к пузырьково-пленочному экстрактору. Эти обратные связи существенно усиливают потенциал как фильтрационной, так и флотационной стадий в водоочистительной системе с циркуляционным принципом действия и тем самым обеспечивают появление у неё нового качества – эмерджентность.

Абсолютный вклад обратных связей зависит как от возраста и видового состава биологических обрастаний, образующихся на зернах фильтрующей загрузки, так и от присутствия в воде примесей, которые являются источниками бактериального питания. В первую очередь биологические обрастания поглощают из загрязненной воды те виды органических соединений, которые легко усваиваются ферментными системами бактериальных клеток. А при исчерпании этих соединений, бактерии начинают «разрушать» более сложные органические вещества.

Циркуляционный режим обеспечивает возможность одновременной очистки воды от примесей, которые относятся к разным классам и категориям по степени дисперсности и природе происхождения. Это органические соединения и неорганические соединения, оседлывающие и не оседлывающие примеси, коллоидные и истинно растворенные поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества, растворенные газы, ионы и т. д.

Качество очистки воды разработанными водоочистителями удовлетворяет нормативам ВООЗ, Европейским директивам и Национальным санитарным правилам и нормам «Вода питна». Результаты контрольных испытаний этих приборов в городах Украины: Киеве, Черкассах, Днепре, Запорожье, Николаеве, Херсоне представлены в таблице [3].

Таблица – Результаты контрольных испытаний инновационных водоочистителей

№	Наименование показателя	Исходная вода	Очищенная вода	Норма НТД	Примечание
1	Цветность, градусы	20-50□	<5	<20	токсичные комплексы гуминовых веществ с тяжелыми металлами
2	Запах, баллы	2-3□	1	2	
3	Мутность, мг/дм ³	4-14□	<0,5	<1,5	вирусная опасность
4	pH	7,25±0,3□	7,32-8,5	6,0ч9,0	привкус
5	Вкус и привкус, бал.	2-3□	1	2	
6	Остаточный хлор, мг/дм ³	1,2□	<0,3	0,8ч1,2	сильный окислитель, запах, привкус
7	Хлороформ, мг/дм ³	0,1	не обнар.	≤0,06	канцероген
8	Черехлористый углерод, мг/дм ³	0,004-0,006□	не обнар.	≤0,005	канцероген
9	Нитраты, мг/дм ³	4,0±0,5	<2	<45,0	кроветворение
10	Нитриты, мг/дм ³	0,0031	<0,002	<3,0	
11	Алюминий, мг/дм ³	0,24±0,02	<0,05	≤0,2	поражение центральной нервной системы

№	Наименование показателя	Исходная вода	Очищенная вода	Норма НТД	Примечание
12	Железо, мг/дм ³	3,0-14,0	<0,1	≤0,2	сердечно-сосудистые заболевания
13	Кадмий, мг/дм ³	0,0005	не обнар.	≤0,001	поражение почек
14	Марганец, мг/дм ³	<0,001	<0,001	≤0,05	
15	Медь, мг/дм ³	0,06±0,001	0,04±0,0,001	<1	дейст.на почки.
16	Стронций, мг/дм ³	0,103	<0,09	<2,0	
17	Аммиак	<0,04	не обнар.	<0,5	
18	ПАВ, мг/л*	0,5-3,0□	<0,025	<1,0	канцероген
19	СПАВ, мг/л*	0,5-1,6□	<0,04	<0	канцероген
20	Мышьяк, мг/л	0,005±0,0001	не обнар.	≤0,05	действие на кожу, нервн.систему
21	Перманганатная окисляемость, мг/дм ³	4-8□	<3	≤5	
22	ОМЧ (на 100 мл)	63-630□	не обнар.	<100	
23	Коли-индекс*	100000□□	<3	<3	

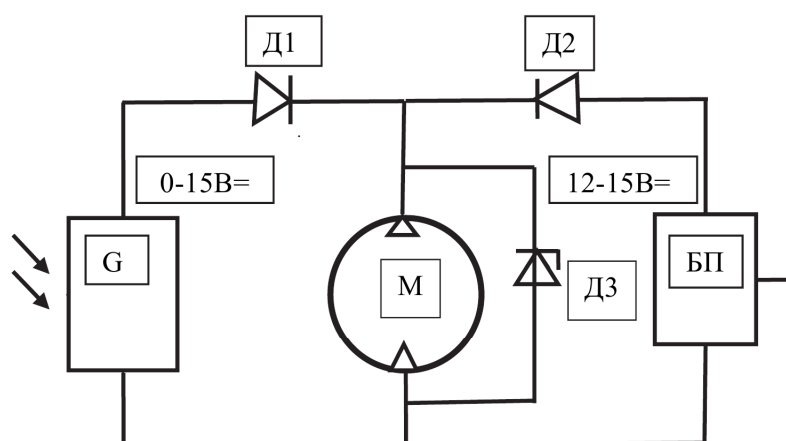
□ - вариация показателей качества исходной воды в водопроводных системах перечисленных городов; □□-показатели в нагрузочных экспериментах.

Разности между значениями показателей во второй и третьей колонках этой таблицы характеризуют эффективность изъятия конкретных видов загрязнений.

Созданные водоочистители одинаково хорошо очищают воду, как в начальный период их эксплуатации (новые приборы), так и по истечении многих лет интенсивной работы.

Не имея в своем составе расходующихся материалов, они являются ЭКОЭФФЕКТИВНЫМИ, и этим выгодно отличаются от других водоочистительных устройств.

Затраты электрической энергии, обеспечивающие очистку воды в этих приборах составляют примерно 1,5 Вт. часа на литр очищаемой воды. То есть водоочистители «Аквилегия» являются как ЭКОЭФФЕКТИВНЫМИ, так и ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМИ. Их питание может производиться как от сети переменного электрического тока с напряжением 220 В, так и по гибридной схеме с использованием солнечной батареи, как показано на рисунке 3.



БП – выпрямительный блок питания от сети переменного тока 220В с выходным напряжением постосного тока 12-15 В, G – солнечная батарея с номинальной мощностью 30 Вт и выходным напряжением 0-15 В., М – силовой агрегат – безколлекторный мотор - насос водоочистителя с потребляемой мощностью 10 Вт при питании постоянным током с напряжением 12 В, Д1-Д2 – диод Шоттки, Д3 – стабилитрон

Рисунок 3 – Схема гибридного питания водоочистителей «Аквилегия» от сети переменного тока и от солнечной батареи

При достаточной мощности электрического тока, получаемого от солнечной батареи в светлое время суток, диодный переключатель Д1Д2 (диод Шоттки) блокирует подачу на водоочиститель электрической энергии из адаптера сети переменного тока с напряжением 220 вольт и открывает подачу электрической энергии от солнечной батареи. В результате в светлое время суток достигается существенная экономия потребления энергии из сети переменного тока. При этом затраты на приобретение солнечной батареи для гибридного питания разработанных водоочистителей окупаются за 3-4 года.

Список использованных источников

1 Point-of-Use or Point-of-Entry Treatment Options for Small Drinking Water Systems. The Cadmus Group, Inc. Arlington, VA, United States Environmental Protection Agency Office of Water 4607 EPA 815-R-06-010 April 2006, PDF.2

2 Гевод В.С., Решетняк И.Л., Шклярова И.Г., Хохлов А.С., Гевод С.В. Поверхностно-активные и другие загрязнения в водопроводной питьевой воде: Свойства, мониторинг, причины накоплений и экономичное удаление, Изд-во УГХТУ, 2002. 240 с.

3 Гевод В.С., Гевод С.В. Водоочистка по принципу вращающегося колеса, Изд-во «Грани», Днепропетровск 2015, 242 с.

4 V.S.Gevod and I.L.Reshetnyak, Water Purification Devices: State-of-the Art Review [Text]. Handbook of Surface and Colloid Chemistry. Fourth Edition. Aditor K.S. Birdi. - CRC Press Taylor and Francis Group: Boca Raton, London, New York, 2015. - Chapter 8. - P. 481-542.

5 Водоочистители «Аквилегия». aquilegia.com.ua

УДК. 333.93:628.12.70.85.37

С.М. Абикенова

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

ВЛИЯНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННОГО СТОКА ИЗ РИСОВЫХ ЧЕКОВ НА ОРОСИТЕЛЬНУЮ НОРМУ И УРОЖАЙНОСТЬ РИСА

Резюме. В статье изложены результаты проведенных исследований на Акдалинской рисовой системе по изучению фильтрационного стока, оросительной нормы и урожайность риса. Установлено, что технология орошения риса должна быть безбросовая. Водопотребление сопутствующих культуры рисового севооборота обеспечивает за счет субиригации от грунтовых вод.

Summary. The paper presents the results of research on Akdalinskoy rice system to study the percolating water, irrigation rates and yields of rice. Found that irrigation technology of rice should be free of fault. Water consumption associated culture of rice crop rotation is ensured by sub-irrigation from groundwater.

Түйін. Мақалада Ақдала күріштік жүйесінде жүргізілген сүзілу ағыны мен суғару нормасы және күріш өнімінің нәтижелері келтірілген. Күріш ауыспалы егістігіндегі басқа дақылдар жер асты суларынан келген суды пайдаланады.

В силу специфических особенностей природного комплекса – высокая водопроницаемость пласта, низкая минерализация грунтовых вод, равнинный рельеф, условия Акдалинская рисовая система оцениваются как весьма благоприятные для развития рисосеяния. На Акдалинской рисовой системы освоены 4-х, 7-ми и 8-ми польные рисово-люцерновые севообороты. Ведущей культурой массива является – рис. Рисом ежегодно засеваются 9-10 тыс. га из общей площади орошения 29 тыс. га. Второй культурой является незаменимый предшественник риса – люцерна. Как покровные культуры возделываются также пшеница и ячмень.

Техническое состояние Акдалинской рисовой системы можно оценить как удовлетворительное. Однако количество гидротехнических сооружений на 1000 га недостаточно, по сравнению с Краснодарской рисовой системы 50-70 шт. на 1000 га, что усложняет водораспределению и управлением поливной водой на рисовой системе (таблица 1).