

### **Список использованных источников**

1. Брусиловский Ш.И. Организация поверхностного стока на минеральных землях. - Минск «Урожай». 1985.
2. Гинтовт И.А., Преображенский К.И. Коренное улучшение закустаренных земель. - М., Россельхозиздат, 1985. с.135
3. Ефремов А.Н. Планировка земель с применением лазерных систем – М., 2014. с.24
4. Каныгин А.И., Шейнис Е.И. О влиянии числа проходов на эффективность работы планировщика. // Сб. научных трудов ВНИИГиМ «Перспективные технологии и средства механизации для строительства и эксплуатации мелиоративных систем» - М., 1986. с. 68-72
5. Кизяев Б.М., Маммаев З.М., Першина О.Ф. Агромелиоративные мероприятия на минеральных и переувлажненных землях. – М., 2013. с 24-25.
6. Технологический регламент для проектирования работ по мелиоративному освоению земель с маломощным плодородным слоем почвы и закороченных земель. // Сборник научных трудов ЛитНИИГиМ.- Вильнюс, 1986. с. 6.

УДК389:631.612

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ**

**В.С. Пунинский, Г.Х. Бедретдинов**

ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

В сельскохозяйственном производстве используется 6,9 млн. га мелиорированных земель, в том числе 3,6 млн. га орошаемых и 3,3 млн. га осушенных. На этих землях производится 65-70 % овощной продукции, весь рис, более 20% кормов и другая продукция [1,2]. Вновь построенные мелиоративные системы функционируют без особого ухода и ремонта лишь в течение 3...5 лет. Без проведения профилактических работ осушительные каналы зарастают вначале травянистой и жесткостебельчатой растительностью, а затем кустарником и мелколесьем. Кустарниковая растительность достигает высоты от 1,5 до 4 м, со средним диаметром ствола от 2 до 8 см. Кустарник по длине канала размещается небольшими группами, островками (куртинами). Куртины располагаются хаотично, занимая в общей сложности до 30% площади периметра канала [3]. Ежегодный опад листьев растительности нарушает режим работы каналов, приводит к повторному заболачиванию земель и невозможности использования их в сельскохозяйственном обороте.

Наличие в руслах растительности усложняет технологию работ, требует адаптации существующих и создания новых машин для работы в сложившихся условиях.

Существующие окашивающие машины, как в нашей стране, так и за рубежом, не приспособлены для уборки древесной растительности. Сегментные и ротационные рабочие органы косилок, могут срезать грубостебельчатую растительность и кустарник диаметром до 2 см. Более крупный кустарник и деревья удаляются вручную.

Для исключения ручных работ предложены новые средства механизации, защищенные патентами РФ на изобретения. Срезку и удаление древесно-

кустарниковой растительности с откосов, бERM канала и прилегающих полей предлагается выполнять манипулятором с пильным диском (патент № 2480982). Пильный диск многоцелевого кустореза (рис.1) выполнен с впадинами, между которыми на венце диска установлены режущие зубья. По краям впадин установлены гарпунообразные рубительные ножи, наплавленные износостойким сплавом. На дне впадин располагаются прямозубые пильные, а по краям впадин – дугообразные плоские ножи. На поверхности торцевой части диска размещены дополнительные обоюдоострые рубительные ножи. Ножи установлены поярусно, а режущие кромки ножей расположены перпендикулярно к торцу диска. Пильный диск устанавливается на манипуляторе. Привод манипулятора обеспечивает возможность реверса направления вращения, поворот относительно оси базового трактора и установку под углом для работы на откосах. При непрерывном рабочем движении машины выполняется эффективная срезка кустарника и мелкокося. При позиционной работе выполняется измельчение пней мелкого кустарника, срезка кроновой части древесной растительности и стволов деревьев.

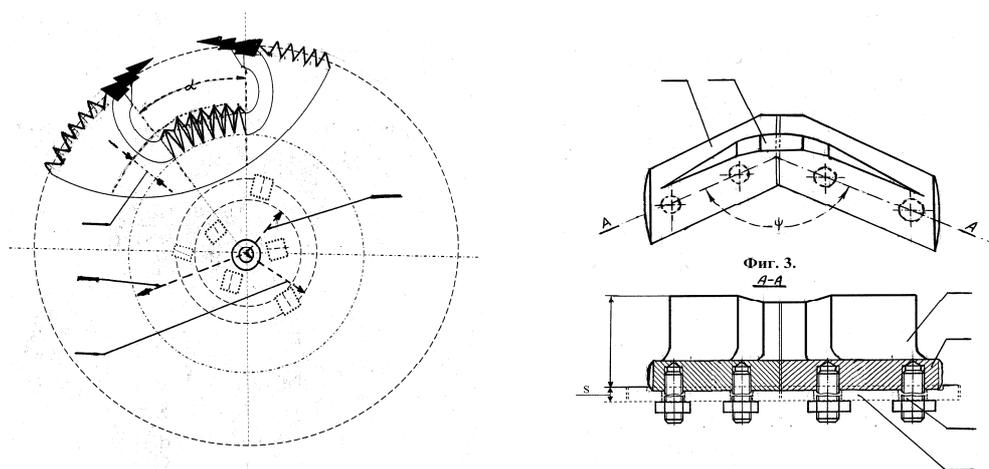


Рисунок 1 - Пильный диск многоцелевого кустореза

Очистка русел каналов от наносов при наличии в слое растительных корней, пней и остатков погребенной древесины существенно затрудняется. Применение в таких условиях традиционных машин приводит к нарушению технологического процесса, снижает эксплуатационную производительность машин и повышает стоимость производства работ. Для повышения эффективности очистки каналов предложен новый рабочий орган, защищенный патентом РФ № 2494196 (рис. 2). Рабочий орган включает дисковый ротор с радиальными лопастями-метателями, землеройный механизм корчевателя-корнереза и пневмоструйные насадки. На поверхности диска ротора установлены ступенчатые ножи. Корчеватель-корнерез смонтирован перед ротором и выполнен с возможностью перемещения с помощью гидроцилиндров в вертикальной плоскости. Струйные насадки смонтированы под дисковыми подрезателями корчевателя-корнереза. Конструкция рабочего органа позволяет выполнять корчевку

твердых включений из слоя ила, фрезерование корней растений и остатков древесины, ярусное срезание и удаление наносов. Применение машины расширяет технологические возможности и позволяет повысить качество очистки осушительных каналов.

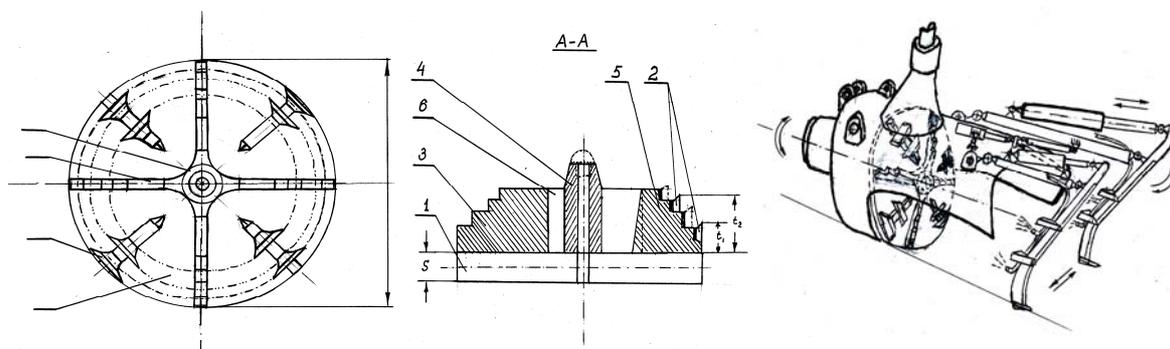


Рисунок 2 - Ротор-метатель многоцелевого каналаочистителя

Новые средства механизации позволяют механизировать процесс срезки и удаления древесно-кустарниковой растительности с откосов и берм канала и выполнять работы по очистке русел от наносов, засоренных корневой частью растительности и древесных остатков. Предлагаемые средства механизации включены в усовершенствованные технологии с расчетными значениями стоимости эксплуатации и производительности [4]. Усовершенствованные технологии с новыми машинами могут найти применение при восстановлении открытых осушительных каналов, проходящих в минеральных и торфяных грунтах, и позволят обеспечить выполнение работ с наилучшими технико-экономическими показателями.

Оптимизация основных параметров ведущих машин проведена с использованием имитационного моделирования, в котором система описывается взаимосвязанной совокупностью математических моделей. Варьирование набором переменных позволяет подбирать оптимальный параметр машин. Разработана имитационная модель, сформированная следующим образом: осуществлена выборка средств механизации для очистки и ремонта каналов открытой осушительной сети с рабочими органами непрерывного действия (квант 1) и циклического действия (квант 2).

Выборки разбиты на три части: - для очистки каналов глубиной 2,0 м; - для очистки каналов глубиной 2,5 м; - для очистки и ремонта каналов глубиной до 3,0 м. В качестве целевой установки необходимо определить прогнозные параметры новых ведущих машин. Разработанный алгоритм решения задачи представлен в таблице 1. При оптимизации использован поэтапный подход, основанный на методике полного перебора. Реализация выполняемого этапа позволяет решить последующий этап. На каждом этапе значения критерия ранжируются в порядке возрастания и при необходимости экстремальные значения в квантах отсекаются. В качестве критерия 1 принята удельная материалоемкость, отнесенная к 1м глубины выемки канала, критерия 2 – удельные трудо-

затраты, отнесенные к 1 м глубины выемки канала, критерия 3 – удельные затраты на единицу производительности.

Таблица 1 - Алгоритм математического моделирования для определения оптимальных параметров ведущих машин

Наименование показателя	Расчетная формула	Значение нового показателя ТС, V	Численные значения параметров ТС, предлагаемых на рынке			
<b>Эмпирическая зависимость массы ТС от Уд. затрат</b>						
М, кг Масса ТС	$\hat{M} = f(Ce)$	$\hat{y}_3 = K_{j.1}X^3 + K_{j.2}X^2 + K_{j.3}X + K_{j.4}$				
<b>Удельные затраты на единицу производительности</b>						
Се, руб/м <sup>3</sup> (руб/га)	$Se = Co / W$	Се.v	Се.1	Се.2	Се.3	Се.4
Со – затраты на машино-час, руб/ч	$Co = (C_{маш}e_p / 100 \text{ Мм-ч}) + QeД+З,$ руб/ч	Со.v	Со.1	Со.2	Со.3	Со.4
<b>Эмпирическая зависимость расхода топлива от Уд. трудозатрат на 1 м глубины выемки</b>						
Qe, кг/чел.-ч/м <sup>3</sup> (кг/чел.-ч / га)	$Qe = \hat{f}(Tз)$	Qe	$\hat{y}_2 = K_{q.1}X^3 + K_{q.2}X^2 + K_{q.3}X + K_{q.4}$			
Qe - расход топлива, кг/ч	$Qe = Ne \cdot q_0 \cdot 10^{-3}$	Qe.v	Qe.1	Qe.2	Qe.3	Qe.4
<b>Удельные трудозатраты на 1 м глубины выемки</b>						
Tз -, чел.-ч/ м <sup>3</sup> (чел.-ч / га)	$Tз = 1 / (W/L),$ Критерий №2	Tз	Tз.1	Tз.2	Tз.3	Tз.4
<b>Эмпирическая зависимость мощности двигателя от удельной материалоемкости на 1 м глубины выемки</b>						
N <sub>0</sub> , кВт м/ м <sup>3</sup> (кВт м/га)	$N_0 = \hat{f}(Gm)$	N <sub>0.d</sub>	$\hat{y}_1 = K_{N.1}X^3 + K_{N.2}X^2 + K_{N.3}X + K_{N.4}$			
N <sub>0</sub> - номинальная мощность двигателя, кВт	(Проспекты, техническая документация)	N <sub>0.v</sub>	N <sub>0.1</sub>	N <sub>0.2</sub>	N <sub>0.3</sub>	N <sub>0.4</sub>
<b>Удельная материалоемкость на 1 м глубины выемки</b>						
Gm -, т м/м <sup>3</sup> (т м/га)	$Gm = M/(W/L),$ Критерий №1	Gm.v	Gm.1	Gm.2	Gm.3	Gm.4
Марка технического средства		A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>

Значения критерия Gm, ранжируются в порядке возрастания. Удельная материалоемкость Gm.v, включает: M- массу ТС, кг; П– выработку ТС, П = W/L; W– производительность ТС, м<sup>3</sup>/ч, (га/ч); L – длина захвата, м. Мощность двигателя N<sub>0.d</sub> включает: N<sub>0</sub> - номинальную мощность двигателя, кВт. и Gm.v. Удельные трудозатраты на единицу выработки Tз, включают: количество операторов ТС, n – чел, n=1, выработку П (объем массы на 1 метр глубины захвата рабочего органа ТС). Удельные затраты на единицу производительности Се - уд. затраты, руб/м<sup>3</sup> (руб/га), включают: Со–затраты на машино-час, руб/ч, где: Qe-расход топлива, кг/ч; Ne -эффективная мощность двигателя, кВт; q<sub>0</sub>-удельный расход топлива, г/кВт; Смаш – стоимость ТС, руб; e<sub>p</sub>-амортизация, 15-20%; З– часовая зарплата

машиниста, руб;  $D$ -стоимость кг топлива, руб;  $M_{м.ч}$ -годовая сумма машино часов, равная 1100,  $W$ -производительность ТС, м<sup>3</sup>/ч, (га/ч). Поверочная масса ТС для перебора значений при необходимости повтора цикла моделирования,  $M.d$ , кг

В результате моделирования получены эмпирические зависимости, определяющие взаимосвязи мощности и материалоемкости машин, часового расхода топлива и удельных трудозатрат, массы машины и удельных затрат на единицу производительности (рис. 3, 4). По полученным зависимостям выбраны перспективные машины для выполнения работ по восстановлению открытых каналов осушительной сети.

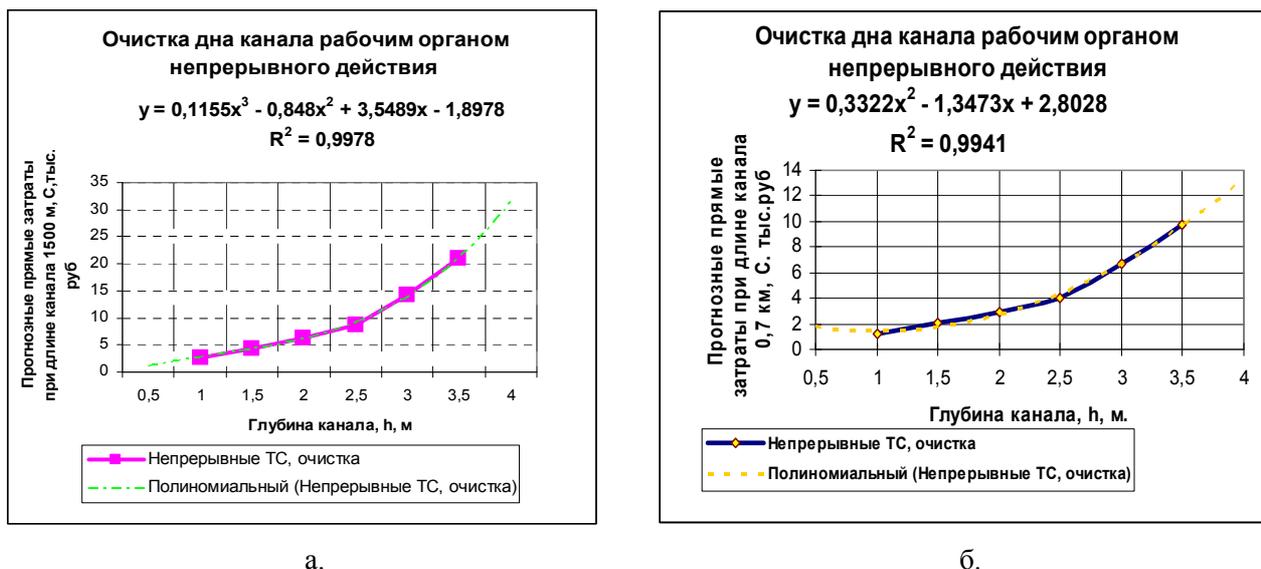


Рисунок 3 - Прогнозные прямые затраты на восстановление участка в зависимости от глубины канала, где:

а – непрерывная очистка при длине канала 1,5 км; б –при 0,7 км; у-прямые затраты, тыс. руб; х - глубина канала, м

Для выполнения работ рекомендуются:

- новый каналоочиститель внутриканальный самоходный с низким расположением центра тяжести, предназначенный для очистки каналов глубиной до 2 м, с измельчением корней и пней на дне (КВМ-4,6). При низком удельном давлении на откосы 0,009 МПа (0,1 кгс/см<sup>2</sup>) имеет манипулятор, ротор-метатель с измельчителем. Для выноса измельченной массы и наносов из канала машина снабжена эжектором с трубопроводом и обеспечивает возможность погрузки материалов в транспортные средства;

- новый многоцелевой каналоочиститель на базе колесного трактора класса 30 кН, предназначенный для очистки каналов глубиной до 2,5 м с возможностью окашивания периметра, планировки откосов, загрузки и транспортировки растительно-грунтовой массы для последующей утилизации (КМ-2331). Имеет манипулятор с телескопической стрелой, 6 сменных рабочих органов, в том числе пильный диск по патенту на изобретение №2480982, седельное сцепное устройство для присоединения двухосного полуприцепа;

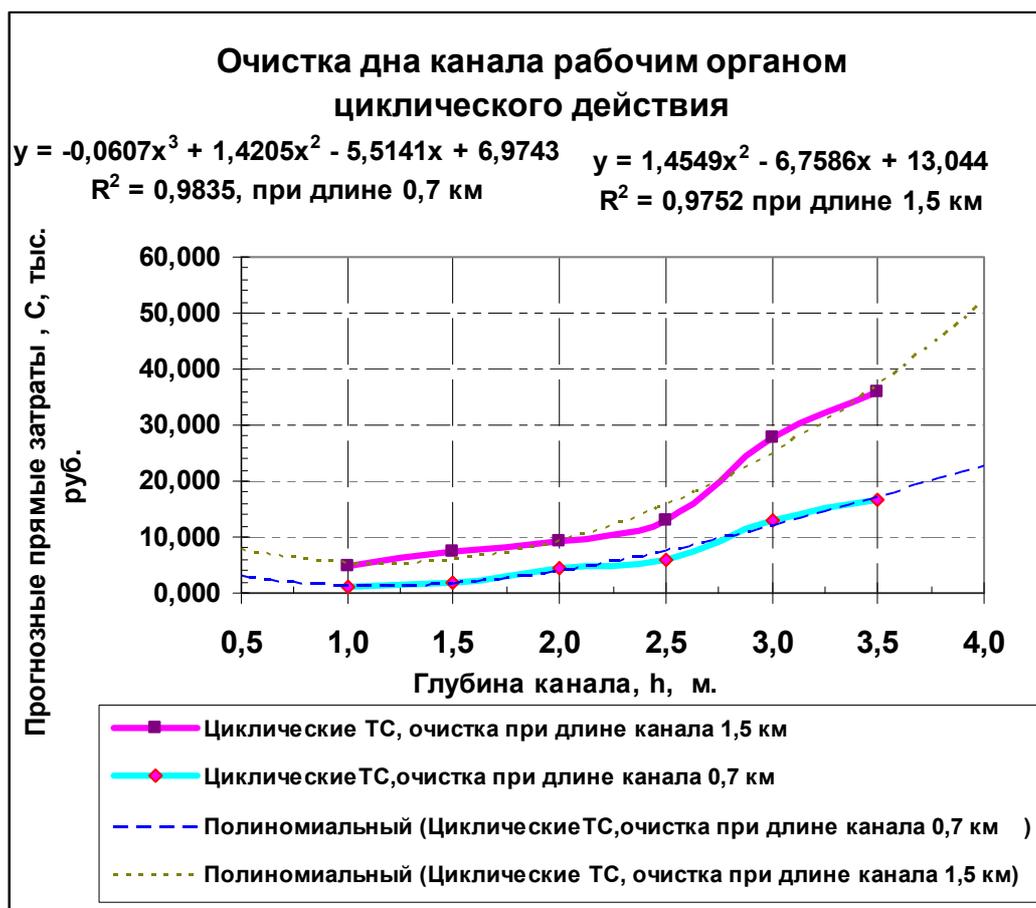


Рисунок 4 - Прогнозные прямые затраты на восстановление участка в зависимости от глубины канала, где циклическая очистка при длине канала 0,7 км и 1,5 км; у-прямые затраты, тыс. руб; х - глубина канала, м

- каналоочиститель многоцелевой на колесном ходу класса 30 кН, предназначенный для очистки каналов глубиной до 3,0 м, углубления дна, планировки откосов XS-8266S. Имеет манипулятор с телескопической стрелой, оборудование для дноуглубления, срезания кустарника на откосах и дне каналов, в том числе пильный диск по патенту на изобретение № 2480982 и ротор-метатель по патенту на изобретение № 2494196.

Кроме вышеуказанных машин, рекомендуются каналоочиститель циклического действия (типа РР-303) и каналоочиститель с фронтальной дополнительной опорой (КМ-2,6Ф0, Беларусь).

На базе полученных эмпирических зависимостей определены область применения (табл. 2) и прогнозные технико-экономические показатели работы ведущих машин на очистке и при ремонте открытых каналов осушительной сети (табл. 3). Прогнозные стоимостные показатели приведены к рекомендуемым нормами диапазону длин осушительных каналов 700...1500 м.

Таблица 2 - Основные параметры рекомендуемых машин и их область применения в зависимости от степени заиления канала

Наименование и марка машины, глубина канала, м	Масса машины, т	Номинальная мощность, кВт	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Удельные затраты, руб/м <sup>3</sup>	Область применения, объём заиления на 1 м канала, м <sup>3</sup> /м
Каналоочиститель внутриканальный, КВМ-4,6, глубина 2 м	3,1	33,1	20	29,47	Очистка, 0,06...0,14
*Экскаватор одноковшовый, ЭО-2621ДТ, глубина 2 м	6,05	66,1	10..-29	30,35	Очистка, 0,15...0,26
Каналоочиститель многоцелевой на колесном ходу, XS-8266S, глубина 3 м	22,4	118	45	36,64	Очистка, 0,06...0,22
Каналоочиститель, РР-303, глубина 3 м	10,4	66-121	25	24,56	Очистка, 0,14...0,38
*Экскаватор одноковшовый, ЭО-4112А-1, глубина 3 м	24,5	66	20	44,6	Очистка, 0,22...0,38
Каналоочиститель многоцелевой КМ-2331, глубина до 2,5 м	9,5	118-129	50	26,03	Очистка и ремонт, 0,06...0,26
Каналоочиститель с дополнительной фронтальной опорой КМ-2,6ФО, глубина до 2,5 м	14,56	73-80,8	70	19,12	Очистка и ремонт, 0,1...0,38
*Экскаватор одноковшовый, ЭО-3326, глубина до 2,5 м	13	58	16-48	24,88	Очистка и ремонт, 0,15...0,26

Таблица 3 - Прогнозные стоимостные показатели очистки осушительных каналов от наносов

Наименование и марка машины, глубина канала	Длина канала, м	Прямые затраты на очистку канала регулирующей сети при ширине по дну 0,4 м, тыс. руб./700м, тыс. руб./1500м					
	Толщина наносов, м	0,15	0,25	0,35	0,55	0,65	0,95
	Объём наносов на 1 метр канала, м <sup>3</sup> /м.	0,06	0,1	0,14	0,22	0,26	0,38
Каналоочиститель внутриканальный КВМ-4,6, глубина 2 м	700	1,238	2,062	2,888	4,538	5,364	7,839
	1500	2,652	4,421	6,189	9,725	11,493	16,798
Каналоочиститель многоцелевой КМ-2331, глубина до 2,5 м	700	1,093	1,822	2,551	4,009	4,737	6,924
	1500	2,343	3,905	5,466	8,590	10,152	14,837
Каналоочиститель многоцелевой на колесном ходу XS-8266S, глубина 3 м	700	1,539	2,565	3,591	5,643	6,668	9,746
	1500	3,298	5,469	7,694	12,091	14,290	20,885
Каналоочиститель РР-303, глубина 3 м	700	1,032	1,719	2,407	3,783	4,470	6,533
	1500	2,210	3,684	5,158	8,105	9,578	13,999
Каналоочиститель с дополнительной фронтальной опорой КМ-2,6ФО, глубина до 2,5 м	700	0,803	1,338	1,874	2,944	3,480	5,086
	1500	1,721	2,868	4,015	6,310	7,457	10,898
*Экскаватор одноковшовый ЭО-3326, глубина до 2,5 м	700	1,965	3,135	4,194	5,977	6,702	8,206
	1500	4,210	6,718	8,987	12,808	14,361	17,585
*Экскаватор одноковшовый ЭО-2621ДТ, глубина 2 м	700	2,244	3,399	4,283	5,235	5,303	8,073
	1500	4,807	7,284	9,178	11,217	11,363	17,299
*Экскаватор одноковшовый ЭО-4112А-1, глубина 3 м	700	3,559	5,776	7,780	11,470	12,987	16,846
	1500	7,627	12,377	16,671	24,579	27,830	36,099

\*- прямые затраты изменяются пропорционально заполнению ковша от номинальной вместимости

## **Список использованных источников**

1. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения на 03.12.2013 г., Минсельхоз России,- М.: Департамент земельной политики, имущественных отношений и госсобственности, 2013, 64 с. (Электронный ресурс - [WWW.mcx.ru/doklad\\_2013\\_11](http://WWW.mcx.ru/doklad_2013_11) (2))
2. Петриков А.В. [и др.] Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения на 21.10.2011 г., Минсельхоз России,- М.:ФГБНУ Росинформагротех,- 2011, 145 с.
3. Мамаев З.М., Пунинский В.С. Першина О.Ф. Проблемы реанимации существующей открытой осушительной сети на мелиорированных землях и каналах. Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты мелиоративных технологий. Сборник науч. трудов. Выпуск 5, Рязань: ФГБОУ ВПО РГАУ, 2012 г., с. 4...8,
4. Бедретдинов Г.Х. Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России (Костяковские чтения). Технологии восстановления осушительных каналов с утилизацией растительности и наносов. Материалы международной научно-практической конференции 20...21 марта 2013 года.-М.: Изд. ВНИИА, 2013.- стр. 125...132.

УДК 502/504: 631.311.5

## **РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ВЫРОВНЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТИ РИСОВОГО ЧЕКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЛАНИРОВЩИКОВ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ**

**Ю. Г. Ревин, С. Ю. Насонов**

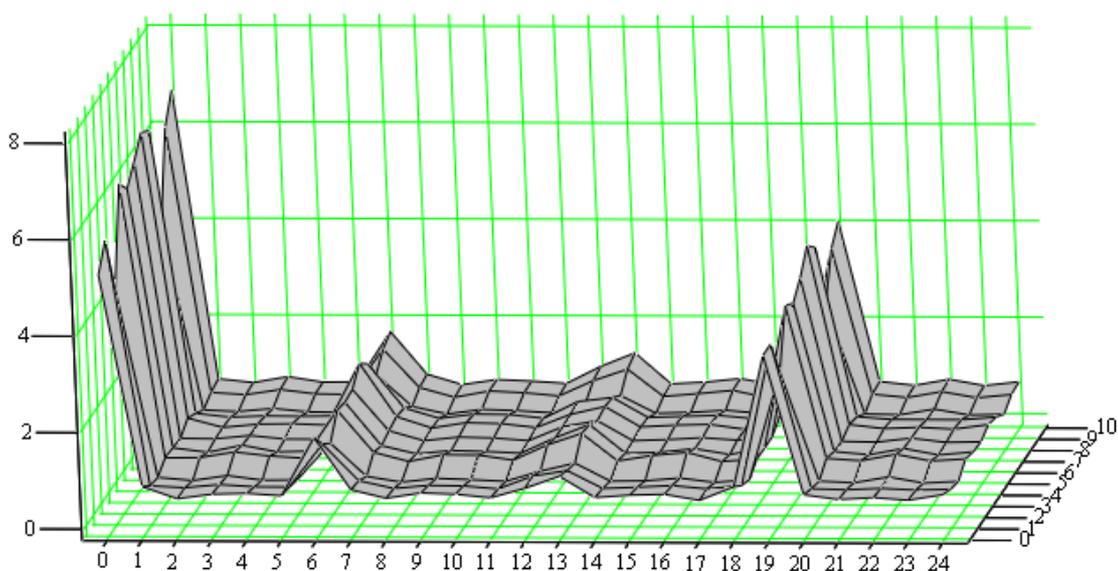
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Процесс выравнивания сельскохозяйственных полей, особенно поверхности рисовых чеков, довольно многосложная процедура, определяющаяся требованиями к качеству выравнивания поверхности поля, набором планирующих машин, технологическими схемами их движения по полю. В каждом конкретном случае, то есть для каждого чека, организация работ может быть различной. Выбор наиболее целесообразной является непростой задачей. Такого рода задача наилучшим способом решается при наличии теоретического анализа математической модели процесса выравнивания поверхности поля. В настоящей статье представлены результаты оценки выровненности поверхности одного и того же чека с использованием предлагаемой авторами методики при работе планировщиков различных конструкций. При расчёте были использованы следующие планировщики: первый – длиннобазовый планировщик типа Д-719; второй – планировщик типа ДЗ-603, называемый планировщиком с передним балансиром; третий – короткобазовый планировщик типа ПЛ-5 с лазерной системой автоматического управления (ЛСАУ) рабочим органом по высоте. Все перечисленные планировщики имеют землеройные рабочие органы в виде бездонного ковша.

При проведении расчётов по предлагаемой авторами методике использовался, один и тот же чек, который можно охарактеризовать как чек с более или менее равномерным по площади распределением выступов и впадин. Эта ситуация позволила применить сплошную планировку чека, когда планировщик

за время работы проходит по всей его поверхности.

На рисунке 1 представлен график спектральной плотности  $S1$  поверхности этого чека, анализ которой позволил получить основные его статистические характеристики. Так, общая дисперсия неровностей составляет  $D \approx 23 \text{ см}^2$ , а средняя амплитуда неровностей достигает  $A_{cp} \approx 7 \text{ см}$ . На графике спектральной плотности довольно рельефно просматриваются пиковые её значения, позволяющие оценить наиболее часто встречающиеся неровности по длине с определением доли общей дисперсии, приходящейся на неровности.



S1

Рисунок 1 - Трёхмерный график спектральной плотности поверхности рисового чека до планировки

В результате анализа и расчётных процедур были выявлены преимущественно встречающиеся неровности со следующими характеристиками (таблица 1).

Таблица 1 - Параметры наиболее часто встречающиеся неровностей на поверхности чека

№№	Длина неровностей, м	Дисперсия, приходящаяся на неровность, $\text{см}^2$	Доля дисперсии неровностей от исходной, %
1	250	5.91	27
2	20	2.61	12
3	10	1.95	13
4	7	4.51	21

Наибольшая дисперсия содержится в неровностях длиной 250 м, доля других несколько меньше. Суммарная дисперсия выявленных неровностей составляет примерно 73 %. Вся остальная дисперсия приходится на неровности со случайной длиной и случайной амплитудой.

Известно, что наиболее эффективно выравниваются неровности, длина

которых не превышает двойной длины базы планировщика. Поэтому можно сделать прогнозируемый вывод о значительном уменьшении дисперсии 20-ти, 10-ти и 7-ми метровых неровностей в результате прохода планировщика типа Д-719 и ДЗ-603. Короткобазовый планировщик может частично выравнять и неровности длиной 250 м.

Проведем количественную оценку результатов возможного выравнивания поверхности представленного чека с использованием предлагаемой математической модели. Процедура выравнивания может быть выражена следующей аналитической формулой [1]:

$$S2 = S1 \cdot A^2, \quad (1)$$

где  $S2$  – спектральная плотность неровностей поверхности чека после планировки,  $\text{см}^2 \cdot \text{м}$ , в виде прямоугольной матрицы размером  $n \times m$ ;  $S1$  – спектральная плотность неровностей поверхности чека до планировки, (той же размерности, что и  $S2$ );  $A$  – квадрат амплитудно-частотной характеристики планировщика в виде единичной диагональной матрицы размером  $m \times n$ .

Результаты вычислений по формуле (1) и получения параметров неровностей в соответствии с рисунком 2 представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Параметры неровностей в спектре рисового чека после прохода планировщиков

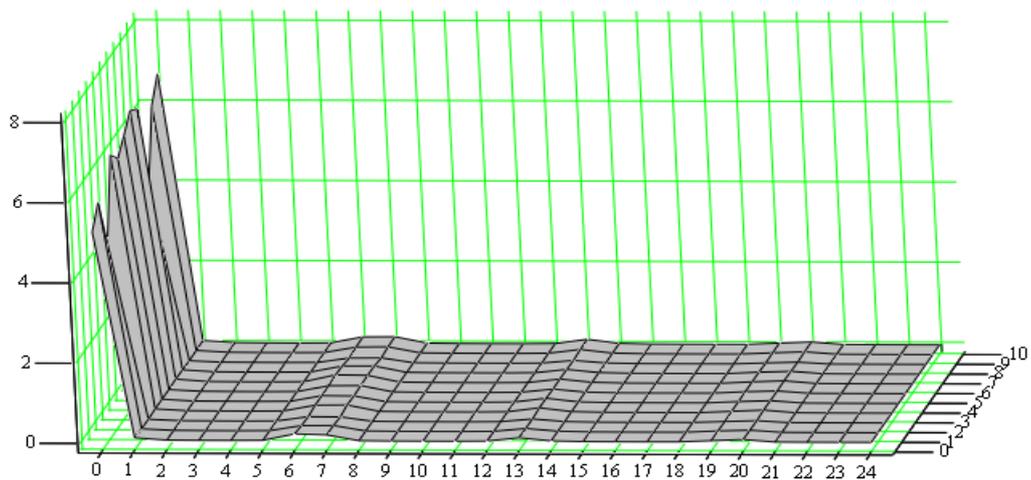
№№	Марка планировщика	Длина неровности, м	Дисперсия, приходящаяся на неровность, $\text{см}^2$	Доля дисперсии неровностей от исходной, %
1	Длиннобазовый планировщик типа Д-719	250	5.92	96
2	Планировщик с передним балансиrom типа ДЗ-603	250	5.45	100
3	Короткобазовый планировщик с ЛСАУ типа ПЛ-5	60	0.47	90

Анализ данных таблицы 2 позволяет сделать следующие выводы:

1. При работе планировщиков Д-719 и ДЗ-603 неровности длиной 20, 10 и 7 м выравниваются почти полностью, а неровности длиной 250 м практически остаются без изменения.

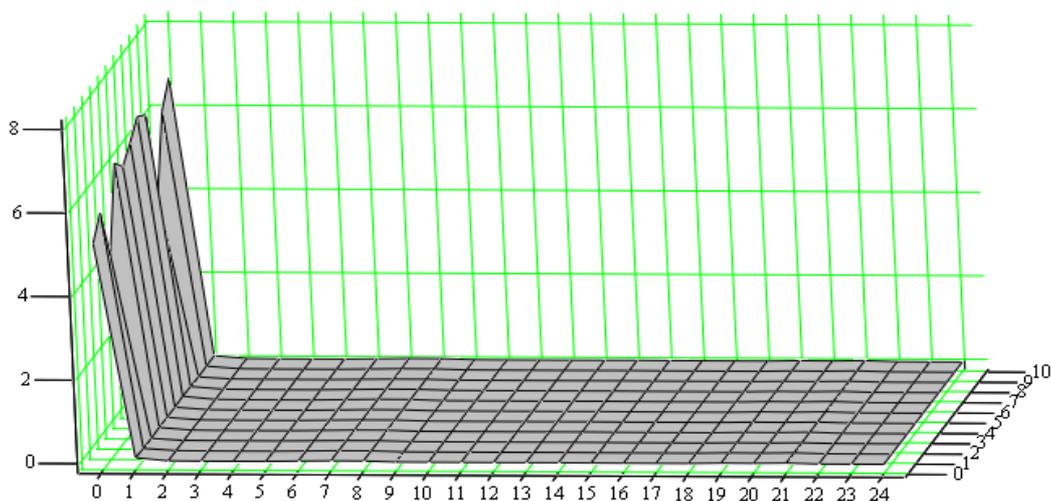
2. Планировщик ПЛ-5 выравнивает все неровности довольно эффективно. Изменяется даже структура неровностей.

Расчёты для процесса выравнивания поверхности рисовых чеков подтверждают правильность основных положений предлагаемой математической модели работы мелиоративного планировщика.



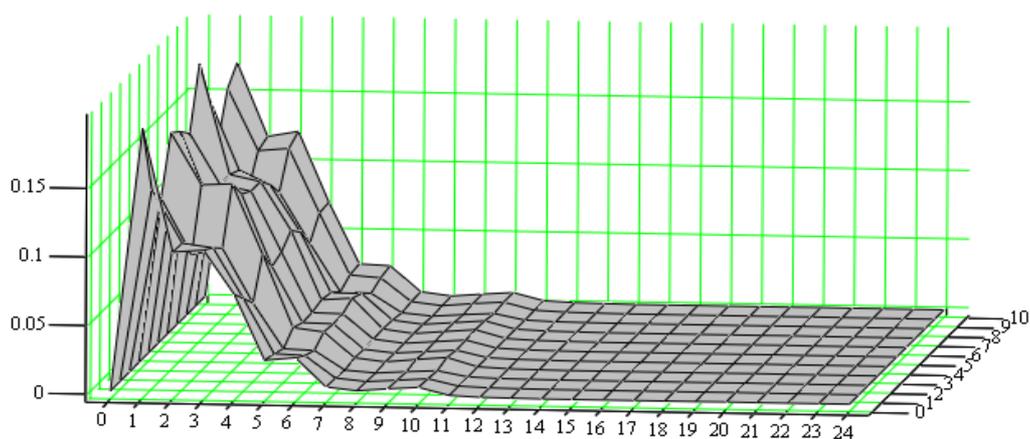
S2

а



S2

б



S2

в

Рисунок 2 - Графики спектральных плотностей поверхности рисового чека после прохода планировщика типа Д-716 (а), планировщика типа ДЗ-603 (б), планировщика типа ПЛ-5 (в)

## **Список использованных источников**

1. Ревин Ю. Г. Математическая модель процесса выравнивания поверхности рисового чека с использованием информации о технологической схеме движения планировщика по полю. // Костяковские чтения. Материалы международной научно-практической конференции. – М.: Изд. ВНИИА, 2013. – С. 213-216.

УДК 627.824.32.065

## **ФРАКТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАВОДКОВЫХ НАВОДНЕНИЙ И СПОСОБЫ ИХ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

**<sup>1</sup>В.И. Сметанин, <sup>1</sup>А.Н. Насонов, <sup>2</sup>И.В.Цветков, <sup>1</sup>И.М. Жогин**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО Тверской государственной университет, г. Тверь, Россия

На территории Российской Федерации, обладающей большим разнообразием геологических, гидрологических, климатических, топографических и других условий, наблюдается более 30 видов опасных природных явлений. Наиболее тяжелые последствия несут наводнения, засухи, лесные пожары и сильные морозы.

Паводковые наводнения наблюдаются практически ежегодно с повторяющимися стихийными бедствиями, по площади охватывают значительные территории, по наносимому материальному ущербу – превосходят все остальные. На территории России затоплению различного характера подвержены более 300 городов, десятки тысяч населенных пунктов с общим населением более 4,6 млн. человек, множество хозяйственных объектов, в том числе более 7 млн. га сельскохозяйственных угодий, [1].

Используя ландшафтный подход к данной проблеме, можно отметить, что аномальное изменение климата и постоянный рост антропогенной нагрузки на вмещающий ландшафт, при достижении ими критических нагрузок определяют дальнейшие тренды его самоорганизации, включая изменение современного гидрологического состояния самой речной системы. В результате происходит усложнение среды настолько, что она оказывается чувствительной к любым погодным и антропогенным изменениям, при которых создаются локальные напряжения, снятие которых естественным путем выражается в виде превышения нормативных уровней воды с затоплением прилегающих территорий.

Определение территориальных зон, подверженных первоочередному затоплению, и масштаба их затопления не всегда совпадает с прогнозными данными, т.к. рассматриваемые участки находятся в системе природно-техногенного ландшафта и возникающие в нем напряжения меняются как во времени, так и пространстве. Например, с частичным изменением климата в последние годы меняется интенсивность, продолжительность и периодичность выпадения осадков, площадь территорий, подверженных этим осадкам, и др., ранее не затапливаемые территории подвержены наводнениям, в отдельных случаях катастрофическим.

Особое место среди факторов, способствующих затоплению прилегающих территорий, занимает заиливание русел рек. В период существования министерства водного хозяйства и мелиорации союзного и республиканского значения, выделялись денежные средства, имелась соответствующая строительная техника и самое главное - люди, способные выполнять поставленные задачи. Планомерно выполнялись работы по очистке русел рек разного порядка.

Кроме того, ежегодно в предпаводковые периоды создавались региональные комиссии по пропуску паводков с привлечением специалистов и резервированием строительной техники, строительных материалов и т.д. на период прохождения паводка. Перечисленные мероприятия снижали вероятность катастрофических затоплений территорий.

В настоящее время на слуху выполнение МЧС РФ (министерство по чрезвычайным ситуациям) работ по ликвидации последствий наводнений. Это борьба не с причинами, а со следствием, т.к. финансируются аварийно-спасательные работы, а работами по предупреждению чрезвычайных ситуаций должны заниматься собственники водных объектов и территорий.

Для предупреждения затопления территорий, важно знать какие участки будут затоплены в первую очередь, которые необходимо срочно защищать.

В последнее время появились работы, связывающие исследования структуры речных систем с использованием фрактальных методов моделирования природных процессов, [2, 4, 5].

Суть метода заключается во фрактальном анализе бассейнов речных систем исследуемой территории, для которых рассчитываются значения фрактальных размерностей, являющихся мерой сложности организации природной среды к воздействию абиогенных нагрузок. То есть, фрактальные свойства элементов природной среды обнаруживаются при условии сходства их поведения на различных уровнях существования (иерархии), что называется масштабной инвариантностью или скейлингом. При этом, чем большей фрактальной размерностью обладает территория, тем выше вероятность ее первостепенного затопления, а значит на данной территории необходимо проведение работ по регулированию речной системы.

Регулирование структуры речной системы может осуществляться различными путями: создание водохранилищ, очистка русел рек от донных отложений, возведение противопаводковых защитных дамб и т.д. В этих условиях создание водохранилищ, возведение защитных дамб и очистка русел от донных отложений может трактоваться как процесс природообустройства, понижающий фрактальную размерность среды и, тем самым, снижающий риски паводковых затоплений. По сути, такое преобразование делает среду более однородной, а, следовательно, более устойчивой к проявлению внешних нагрузок. Дополнительный запас устойчивости формируется за счет того, что возведение гидротехнических сооружений в местах повышенного риска затопления создает дополнительные центры аттрактивной сходимости (тренды сходимости) внешних нагрузок [3].

Одним из способов снижения рисков паводковых затоплений выявленных зон с ландшафтной напряженностью среды с учетом их территориального размещения может служить использование технологии возведения противопаводковых защитных дамб намывным способом из местных строительных материалов - донных отложений и наносов, извлекаемых из русловой части водотока.

Технология включает разработку донных отложений землесосным снарядом и намыв грунта в тело дамбы при помощи распределительного устройства, расположенного непосредственно на карте намыва.

Распределительное устройство позволяет разделять намываемые донные отложения на мелкие фракции и негабарит, и крупные, формируя в процессе намыва поперечный профиль возводимой дамбы с противофильтрационным ядром, состоящим из мелких и негабаритных фракций и устойчивыми боковыми призмами, намываемыми из отсортированных фракций [8].

Возведение дамбы, как гидротехнического сооружения - это инструмент регуляции структуры речной системы через понижение ее фрактальной размерности. Этому во многом способствует очистка русла от донных отложений, намыв дамбы и утилизация донных отложений. При этом улучшается русловая гидродинамика реки и защищается прибрежная территория от затопления паводковыми водами.

В настоящее время разработана технология, включающая расчистку русла от донных отложений и намыв защитной дамбы. На рисунке 1 показан рабочий этап расчистки русла от донных отложений и намыв защитной дамбы.



Рисунок 1 - Рабочий этап расчистки русла и возведения защитной дамбы с одновременной разработкой донных отложений:  
а – разработка донных отложений землесосным снарядом; б – возведение защитной дамбы с использованием распределительного устройства

Технология включает в себя разработку, транспорт, сортировку и намыв отсортированных фракций грунта в тело защитной дамбы.

В работах А.П. Юфина, Д.Л. Меламута, В.А. Мелентьева отмечается, что в потоке пульпы, движущейся в пульпопроводе, крупные фракции перемещаются в нижней его части, влекомые основным потоком пульпы [3, 4, 5].

Используя этот факт, разработано распределительное устройство, которое позволяет использовать в качестве строительных материалов донные отложения. Распределительное устройство обеспечивает разделение потока пульпы, отделяя из нижней его части крупные фракции, направляя их в распределительные пульпопроводы для рассредоточенного намыва боковых призм защитной дамбы, а оставшаяся часть потока пульпы, включающая мелкие фракции и отсева, направляются далее по основному пульпопроводу для намыва средней части дамбы. Таким образом, профиль возведенного сооружения состоит из боковых призм, намывных из отсортированных крупных фракций, а центральная – из мелких фракций и отсева, что позволяет обеспечить фильтрационную надежность и устойчивость сооружения в целом.

На рисунке 2 показана технологическая схема возведения защитной дамбы и очистки водного объекта от донных отложений.

Конструкция распределительного устройства (рис. 3) представляет собой два распределительных пульпопровода, расположенных параллельно основному и соединённым с ним через раструб, расположенный в нижней его части. Соединение основного пульпопровода с раструбом имеет защитную решётку, обеспечивающую защиту выпускных отверстий распределительного пульпопровода от засорения крупными каменистыми и другими включениями.

На торце основного пульпопровода, в верхней его части, установлен гаситель, обеспечивающий рассеивание потока и снижение его кинетической энергии, что приводит к уменьшению воронки размыва и сокращению длины пляжа намыва.

Намыв сооружения производят одновременно из основного и двух распределительных пульпопроводов, расположенных с двух сторон основного и параллельно ему.

При этом намывные участки распределительных пульпопроводов 9, т.е. участки пульпопроводов, имеющих выпускные отверстия 10 для рассредоточенного намыва, расположены таким образом, что конус намывного грунта, образуемый при намыве из торца основного пульпопровода 7, формируется с обжатием его с двух сторон боковыми призмами 6, намываемыми из распределительных пульпопроводов 9. Поток пульпы, выходящий из торца основного пульпопровода 7, при прохождении через гаситель 11, рассеивается, что позволяет уменьшить вынос грунта за пределы зоны намыва боковых призм 6. Входное отверстие раструба защищено внутренней решеткой, выполненной в виде продольных стержней из гладкой арматурной стали диаметром 10 - 16 мм, жестко закрепленных только с напорной стороны, расстояние между которыми составляет  $0,75 d_v$ , в целях снижения засорения защитной решетки 12 раструба растительными и каменистыми включениями, а также для более эффективного переноса мелких частиц через входное отверстие в раструб, перед защитной решеткой жестко закреплен направляющий элемент 13 серповидной формы,

расположенный под углом  $25...30^\circ$  в сторону защитной решетки, выполненный из листовой износостойкой стали толщиной  $8...10$  мм, высотой  $50...70$  мм и шириной, равной ширине входного отверстия раструбы.

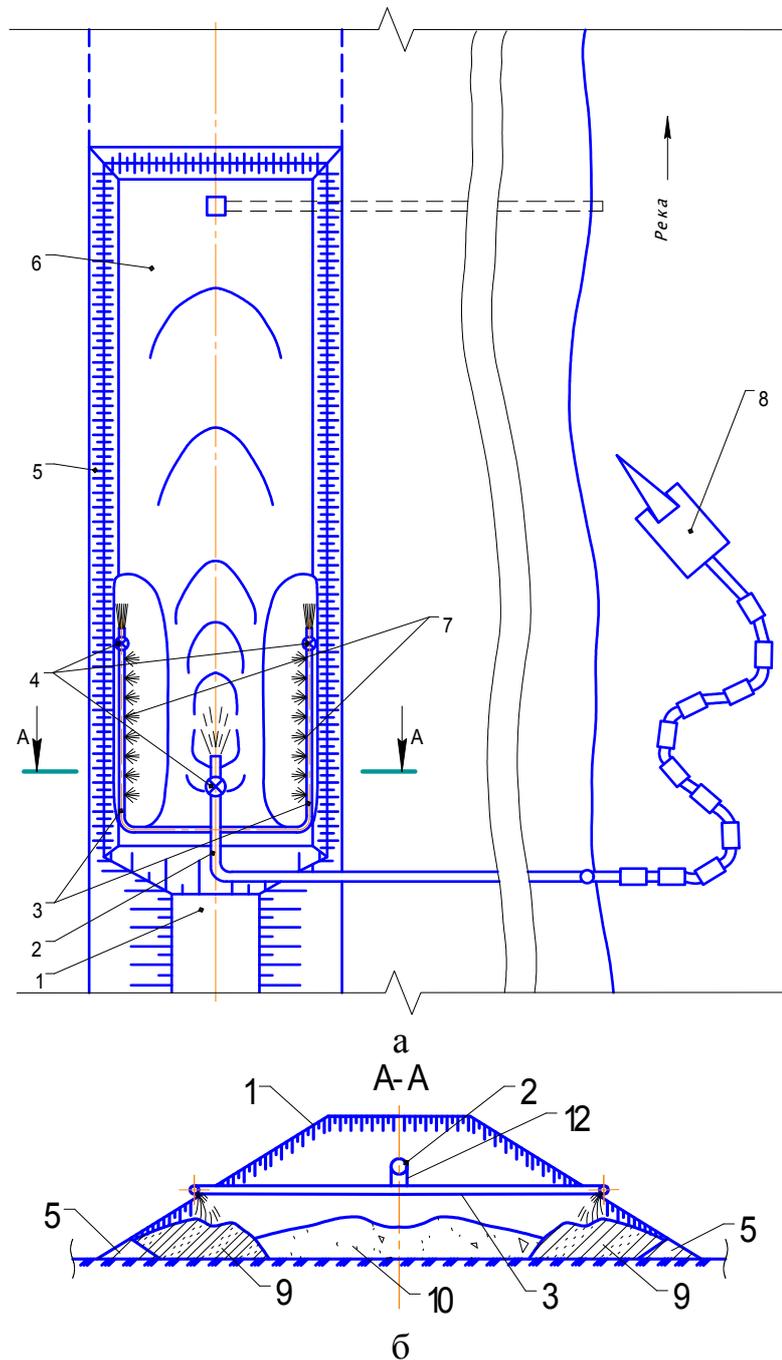


Рисунок 2 - Технологическая схема очистки водного объекта от донных отложений с одновременным возведением защитной дамбы

(а – план; б – сечение дамбы):

1 - тело дамбы; 2 - основной пульпопровод; 3 - распределительные пульпопроводы; 4 - шибберные задвижки; 5 - дамбы (первичного) обвалования; 6 - карта намыва; 7 - выпускные отверстия распределительных пульпопроводов; 8 - землесосный снаряд; 9 - боковые призмы; 10 - средней части проектного сечения дамбы (ядро дамбы)

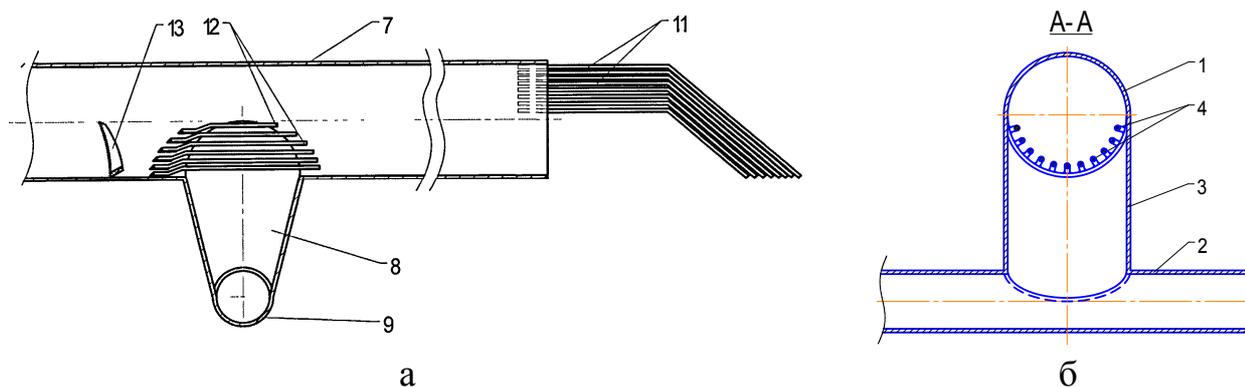


Рисунок 3 - Конструкция распределительного устройства

(а – общий вид; б – место соединения основного пульпопровода с распределительными): 1 – основной пульпопровод; 2 – распределительный пульпопровод; 3 – раструб; 4 – защитная решетка; 5 – гаситель

Разработанная технология позволяет определять потенциальные участки паводковых затоплений и осуществлять их защиту путем расчистки русла от донных отложений и возведения намывным способом защитных дамб из местных строительных материалов.

#### Список использованных источников

1. Министерство по чрезвычайным ситуациям. Официальный сайт. [www.mchs.gov.ru/](http://www.mchs.gov.ru/)
2. Калуж Ю.А., Логинов В.М., Чупикова С.А. Использование технологий ГИС при анализе фрактальных характеристик речной сети Тувы // Геоинформатика. – 2005. – № 4. – С. 31–40.
3. Сметанин В.И. Топологическое моделирование природно-техногенных систем. [Текст] / А.Н. Насонов, В.И. Сметанин // Научно-практический журнал Природообустройство, №1, 2013. - С. 11-16.
4. Ignacio Rodriguez, Andrea Renaldo. “Fractal River Basins, Chance and Self-Organization”. Cambridge university press. 2001. 547 С.
5. Мельник М.А. Фрактальный анализ извилистости рек (На примере Томской области) С. 168 – 176. 2009. Интернет-ресурс, PDF
6. Тищенко Н.Н., Цветков И В. Фрактальный анализ речных систем Тверской области. Моделирование сложных систем Выпуск 1. Тверь. Изд-во ТвГУ. С.134-144.
7. Цветков И.В. Использование фрактальных временных рядов в комплексном анализе речных систем. Моделирование сложных систем. Выпуск 1. Тверь 1998. с. 145-155.
8. Сметанин В.И. Методы и средства гидромеханизации в составе мероприятий по защите территорий от наводнений. [Текст] / В.И. Сметанин, И.М. Жогин // Научно-практический журнал Природообустройство, №2, 2013. - с. 80-83.

УДК 631.01.020.05.

### КОМБИНИРОВАННОЕ ОРУДИЕ ДЛЯ ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ ПОЧВ

**Н.К. Теловов, Х.А. Абдулмажидов, В.А. Шмонин**

ФГБОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Новым направлением мелиорации и окультуривания тяжелых почв является создание органоминеральной структуры почвенного профиля, что достигается глубоким рыхлением с одновременным внутрпочвенным внесением

структурообразующих веществ органического происхождения: измельченные стебли кукурузы, травы, торф и др., а также использованием для полива дренажного стока, содержащего органические вещества [1].

Известно, что под действием глубокого рыхления коренным образом изменяются водно-физические свойства почв. Так, объемная масса снижается с 1700...1800 до 1300...1400 кг/м<sup>3</sup>, а число ударов динамического плотномера (Ударника ДорНИИ) – в 3...4 раза, что существенно увеличивает водопроницаемость почвы и ее фильтрационные свойства. Коэффициент фильтрации увеличился с 0,05...0,1 до 1 м/сут [2]. Наибольшая эффективность глубокого рыхления наблюдается в первый год после обработки почвы. Затем под действием осадков, воздействия движителей сельскохозяйственных машин и испарения почвенной влаги, вновь происходит постепенное уплотнение почвы. В связи с этим рыхление проводится через каждые 3...4 года.

При мелиорации и окультуривании низменных почв в Волоколамском районе Московской области нашло широкое применение стоков животноводческих комплексов и птицеферм одновременно с рыхлением сельскохозяйственных угодий. Жидкие стоки, вносились в разрыхленный профиль почвы с помощью РЖТ-8, после глубокого рыхления. Однако раздельное рыхление и внесение мелиорантов снижает производительность машин. При одновременном внесении жидкий навоз, жидкие минеральные удобрения и химические мелиоранты подаются самотеком или под давлением из баков, смонтированных на тракторах Т-150К, РТМ-160У и ЛТЗ-155, в распределительное устройство рыхлителя с помощью гибких шлангов, при этом обрабатываемый рыхлителем почвенный пласт приподнимается и затем распадается на мелкие комья. В разрыхленное пространство вносятся жидкие удобрения и мелиоранты. При таком способе внесения удобрений питательные вещества остаются в почве и не загрязняют окружающую среду. Применение химических мелиорантов и структурообразующих веществ позволяет создавать новую комковатую структуру почвенного профиля и в дальнейшем при необходимости управлять этой структурой.

Существенное влияние на качество рыхления оказывают грунтовые условия. Применение стоечных рыхлителей на тяжелосуглинистых и глинистых увлажненных почвах не дает желаемого результата, т.к. глубина рыхления в этом случае не превышает 0,2...0,3 м, в нижней части профиля образуются уплотненные слои, которые делают практически невозможным равномерное внесение в почвенный горизонт различных мелиорантов и удобрений. Для мелиорации таких почв применяются глубокие рыхлители объемного типа РГ-0,5 и РГ-0,8, которые агрегатируются с тракторами тягового класса 30-70 кН и снабжены оборудованием для внесения жидких удобрений [3]. Однако при проведении рыхления данными глубокорыхлителями на увлажненных почвах не достигается требуемая по агротехническим требованиям полнота рыхления и комковатость почвы.

Для работы в таких условиях требуется разработка новых конструкций глубокорыхлителей. На основании проведенных исследований нами предложено

на новая конструкция комбинированного орудия для рыхления тяжелых почв, сочетающая преимущества стоечных и объемных рыхлителей и защищенная патентом РФ №2500092 на изобретение [4].

Новая конструкция (рис. 1) рыхлителя включает два ряда последовательно установленных стоек разной толщины, причем толщина передней стойки больше чем задней (сечение А-А). Такое решение позволяет уменьшить тяговые сопротивления при рыхлении. Задняя стойка 4 снабжена трубчатым элементом 2 с форсункой 3 для распределения жидких удобрений в слое почвы. Подача жидких удобрений осуществляется из бака 1. В нижней части задней стойки режущие элементы повернуты в противоположную сторону относительно режущих элементов передней стойки. Такое расположение элементов конструкции позволяет рыхлить почву с максимальной вертикальной площадью обработки. Лемеха шириной  $B_0$  установлены на расстоянии  $M$  друг от друга. Наклонные части рыхлителя повернуты на  $45^\circ$ . Глубина рыхления наклонной частью составляет  $h_2$ .

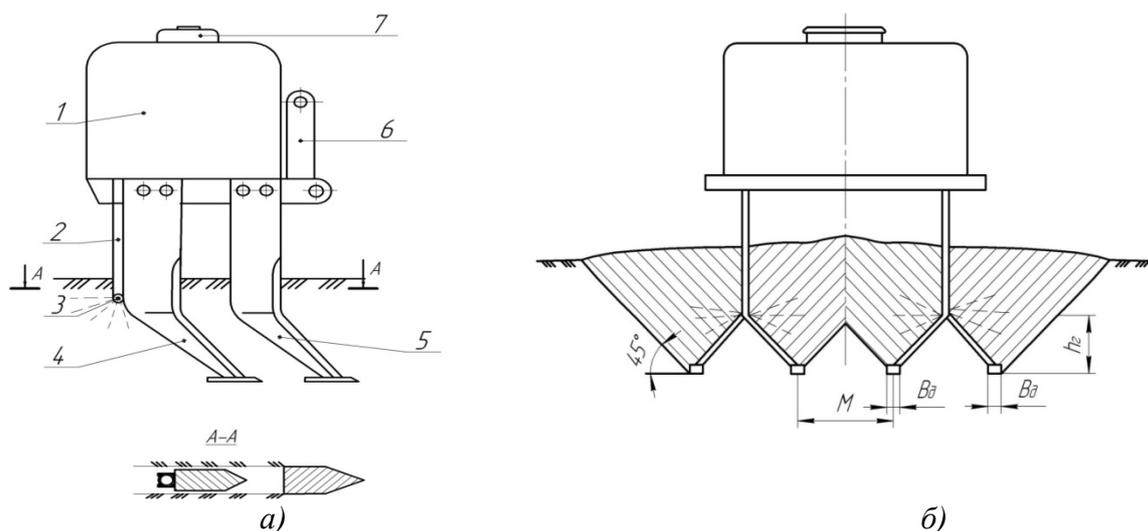


Рисунок 1 – Глубокорыхлитель-удобритель - а) вид с боку и б) вид спереди:  
 1 - бак для удобрения, 2 - трубопровод для подачи удобрения в почву, 3 - форсунка, 4 - рыхлитель (стойка) заднего ряда, 5 - рыхлитель переднего ряда, 6 - кронштейн для агрегатирования с базовой машиной, 7 - крышка бака

Машина позволяет вносить в разрыхленный почвенный профиль жидкие мелиоранты и минеральные удобрения (азотные или растворы аммиачного типа).

В лабораторных условиях на модели рабочего органа были проведены экспериментальные исследования. Эксперименты показали, что при рабочей скорости рыхления  $0,6...0,8$  м/с происходит интенсивное разрушение слитной структуры грунта. В неоднородных слоях грунты под действием режущих элементов глубокорыхлителя быстро разрушаются и вспучиваются на  $0,015...0,03$  м над поверхностью. Были также определены тяговые сопротивления при рыхлении грунта с последующим пересчетом их на рабочий орган в натуральную

величину. Установлены возможности работы рыхлителя по тяговым условиям с базовыми тракторами класса 30-70 кН.

Применение предлагаемого комбинированного орудия позволяет снижать тяговые сопротивления при рыхлении, наиболее полно разрыхлять почвы, вносить различные мелиоранты, жидкие минеральные и органические удобрения.

#### **Список использованных источников**

1. Труфанов В.В. Глубокое чизелевание почвы / В.В. Труфанов М.: ВО «Агропромиздат». 1989. 141 с.
2. Казаков В.С. Рекомендации по технологии регулирования водно-солевого режима тяжёлых почв на рисовых системах Кызыл-Ордынской области. МИИСП им. В.П. Горячкина.; МГМИ им. А.Н. Костякова. В.С. Казаков, В.П. Максименко, С.И. Умирзакова, М. 1989-67с.
3. Насыров Н.К. Руководство по мелиорации почвенного профиля при комплексной реконструкции оросительных систем (на примере Яванской долины) МИИСП им. В.П. Горячкина. Н.К. Насыров, В.С. Казаков. Тверь. 1990 -68с.
4. Теловов Н.К. Комбинированное орудие для глубокого рыхления почвы с внесением удобрений // Патент №2500092 от 10.12.2013г/ А.В. Шмонин, С.К. Тойгамбаев, Н.К. Теловов

УДК 635.11:631.674.6:631.5

### **ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

**А.В. Хрипченко**

ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный аграрный университет,  
г. Волгоград, Россия

Орошение в условиях Волго-Донского междуречья является одним из наиболее действенных мелиоративных приемов, позволяющих повысить эффективность производства овощей. В Волгоградской области фактическая урожайность корнеплодов составляет 35,0 - 40,0 т/га, что ниже потенциальной. Результаты научных исследований и производственный опыт подтверждают возможность получения более высоких урожаев корнеплодов, в том числе столовой свеклы.

В Нижнем Поволжье орошение развивается главным образом на светло-каштановых почвах. Они содержат мало гумуса, отличаются повышенной солонцеватостью, низкой водопропускной способностью агрегатов, высокой засоренностью остатками посевов. Поэтому обработка почвы является основным фактором для улучшения ее водно-физических свойств в условиях орошаемого земледелия.

На орошаемых землях создаются благоприятные условия не только для культурных растений, но и для сопутствующих сорняков. Быстро растущие и размножающиеся на поливных землях сорные растения расходуют большое количество влаги, питательных веществ, что снижает урожайность и качество продукции.

По данным С.А. Воробьева, Д.И. Булова, [3, 2] растения бодяка полевого выносят из почвы азота в 1,5 раза и калия в 2 раза больше, чем зерновые колосовые. Тяговое сопротивление почвообрабатывающих машин на полях, сильно засоренных корневищными и корнеотпрысковыми сорняками, увеличивается на 22 – 25 % .

По наблюдениям С.А. Котта [4] основными причинами засоренности почв являются высокие потенциальные запасы семян и органов вегетативного размножения в пахотном горизонте. Кроме того, при орошении вместе с оросительной водой на поля заносится большое количество семян сорняков. Исследованиями И.К. Батюкова, и П.К. Дорошко [1] установлено, что с каждым кубическим метром воды на поле заносится до 2000 семян сорняков, что при норме полива 700 м<sup>3</sup>/га составляет порядка 140 семян на 1 м<sup>2</sup>. Поэтому одной из решающих предпосылок получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур при минимальных затратах является решительная борьба с сорняками.

Агрономическая наука разработала стройную систему борьбы с сорной растительностью. Ведущая роль в этой целостной системе принадлежит обработке почвы. Однако существующие агротехнические рекомендации до конца не решают проблему борьбы с сорной растительностью и в дополнение к ним применяются гербициды.

В связи с этим основной задачей проводимых исследований является установление закономерностей формирования урожая столовой свеклы в зависимости от обработки почвы и внесения гербицидов при капельном орошении.

Цель исследований сводилась к разработке более эффективных способов уничтожения сорняков на основе совместного влияния обработки почвы и применения гербицидов, которые обеспечивают их рациональное использование, повышение производительности труда и экономической эффективности технологии возделывания свеклы.

Практическая значимость работы заключается в разработке и внедрении научно обоснованных рекомендаций по повышению эффективности возделывания свеклы на светло – каштановых почвах Волгоградской области.

Исследования проводились на орошаемом участке КФК «Гуляев Н.В.» Городищенского района Волгоградской области в 2011 – 2013 гг. Почва опытного участка светло-каштановая с маломощным гумусовым горизонтом (0,15 – 0,23 м) с низким содержанием гумуса (1,16 – 2,23 %). Наименьшая влагоемкость (НВ) в слое 0,4 м равняется 21,2%, а плотность – 1,3 т/м<sup>2</sup>.

Обработка почвы проводилась в третьей декаде апреля. Схема опыта включала три варианта обработки: вспашка на глубину 0,20 – 0,22 м, обработка почвы КПШ – 9 на глубину 0,14 – 0,16 м и дискование на глубину 0,10 – 0,12 м.

В качестве гербицидов использовались: Стомп с нормой внесения 4 л/ га, Гезагард - 1,5 – 3л/га и Пирамин - 3,5л/га. Внесение проводились перед посевом.

Режим орошения столовой свеклы проводился с учетом снижения запасов влаги до 90-80-70 % НВ. В годы исследования потребовалось от 12 до 15 поливов.

Исследования проводились на посевах столовой свеклы сорта Кастрел (гибрид голландской селекции).

На контрольных участках в естественных условиях, где не применялись гербициды, количество сорняков на 1м<sup>2</sup> в зависимости от способа обработки почвы ко времени начала формирования корнеплодов достигало от 57,6 до 75,2, а в начале уборки урожая от 80, до 84,1 шт./м<sup>2</sup>.

Применение гербицидов способствовало снижению количества сорных растений перед уборкой урожая: при вспашке от 12,8 до 10,3; при обработке КПШ – 9 – от 15,5 до 13,9; при дисковании БДМ – 4 – от 27,2 до 20, 6 шт./м<sup>2</sup>.

Обработка почвы гербицидом Стомп вне зависимости от способа обработки почвы оказалась эффективнее обработки Гезагардом на 7,1% и на 15,1% по сравнению с Пирамином.

Применение Гезагарда способствовало уменьшению засоренности посевов по сравнению с контролем в варианте со вспашкой - на 70,6 %, при обработке почвы КПШ – 9 - на 61,8 %, при дисковании - на 37 %.

Урожайность столовой свеклы в зависимости от изучаемых вариантов и приемов приведена в таблице 1.

Установлено, что на естественном фоне, где не вносились удобрения и не вносились гербициды, урожайность столовой свеклы в среднем за три года исследований составила на варианте со вспашкой - 41,0 т/га, на варианте с обработкой почвы КПШ – 9 - 40,3 т/га а при дисковании почвы - 37,2 т/га.

При использовании гербицидов урожайность столовой свеклы повышается. Так при дождевом внесении Стомпа нормой 4 л/га, средняя урожайность за годы исследований на варианте со вспашкой составила 62,6 т/га, при обработке КПШ – 9 - 59,0 т/га, при дисковании - 54,4 т/га.

Внесение гербицида Гезагард нормой 1,5-3,0 л/га повышает урожайность столовой свеклы на варианте со вспашкой до 59,0; с обработкой КПШ-9 - до 63,2 т/га; с дискованием - до 54,8, (таблица 1).

По сравнению с другими гербицидами менее эффективным оказался Пирамин с нормой внесения 3,5 л/га.

Таким образом, оптимизация обработки почвы и рациональное применение гербицидов повышает урожайность столовой свеклы до 65 т/га, что выше по сравнению с контролем на 60%.

Таблица 1 - Урожайность столовой свеклы в зависимости от обработки почвы и применения гербицидов т/га

Вариант обработки почвы	Гербициды	Доза внесения	Время внесения	Годы исследования			
				2011	2012	2013	Среднее
Вспашка на 0,20-0,22м	Контроль			39,3	41,5	42,2	41,0
	Стомп	4 л/га	До посева	58,9	63,8	65,1	62,6
	Гезагارد	1,5-3,0 л/га	До посева	55,9	60,1	61,2	59,0
	Пирамин	3,5 л/га	До посева	56,6	60,3	61,1	59,3
Обработка КПШ-9 0,14-0,16 м	Контроль	-	-	39,8	40,5	40,7	40,3
	Стомп	4 л/га	До посева	56,3	60,7	61,3	59,4
	Гезагارد	1,5-3,0 л/га	До посева	62,8	63,1	63,6	63,2
	Пирамин	3,5 л/га	До посева	58,2	60,3	60,1	59,5
Обработка БДТ-7 0,10-0,12 м	Контроль	-	-	37,2	37,8	36,8	37,2
	Стомп	4 л/га	До посева	52,1	55,3	55,8	54,4
	Гезагارد	1,5-3,0 л/га	До посева	52,8	57,3	54,2	54,8
	Пирамин	3,5 л/га	До посева	0,7	52,3	49,8	50,9

НСР(0,5) А	0,1108	0,1516	0,1625
НСР(0,5) В	0,1280	0,1751	0,1876
НСР(0,5) АВ	0,1108	0,1516	0,1625

#### Список использованных источников

1. Батюков И.К., Дорожко П.К. Орошение сельскохозяйственных культур в степных районах. -М. Колос, 1965 – с. 200.
2. Буров Д.И. Агрофизические показатели и плодородие орошаемых почв Заволжья //В кн.: Теоретические вопросы обработки почв. -Л.: Гидрометеиздат.,1972. -Вып. - 3. - С 39-48.
3. Воробьев С.А., Буров Д.И., Туликов А.М. Земледелие. – М.: изд. Колос, 1977 -480с.
4. Котт С.А. Биологическое обоснование агротехнических способов борьбы с полевыми сорными растениями//М. Колос, 1959 г.

## **ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

УДК 627.81:631.587

### **ПОТЕНЦИАЛ КАСКАДА МАНЫЧСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ В РАЗРЕЗЕ РАЗВИТИЯ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА НИЖНЕМ ДОНУ**

**А. В. Акопян, В. В. Слабунов**

ФГБНУ «РосНИИПМ», г. Новочеркасск, Россия

Значительная часть территории Ростовской области расположена в зоне рискованного земледелия и относится к зоне недостаточного увлажнения. Для получения высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур необходимо орошение земель.

Орошаемое земледелие в бассейне р. Дон имеет сравнительно непродолжительное историческое развитие. В широких масштабах водохозяйственное строительство в бассейне развернулось с 1950 г. и базировалось, в основном, на использовании зарегулированного Цимлянским водохранилищем и забираемого в Донской магистральный канал (ДМК) стока р. Дон. В бассейне р. Дон орошаемые площади к 1985 г. достигли 1,03 млн. га, а к 1990 г. – 1,154 млн. га, общая площадь земель, орошаемых непосредственно из Манычских водохранилищ, составила 56,2 тыс. га [1].

Каскад Манычских водохранилищ находится на р. Западный Маныч и включает Пролетарское, Веселовское и Усть-Манычское водохранилища. В настоящее время на территории рассматриваемого каскада забор воды для целей орошения осуществляется только из Веселовского водохранилища. Веселовский филиал ФГБУ «Управления «Ростовмелиоводхоз» обслуживает Азовскую оросительную систему (ОС) (в составе учтены Веселовская ОС и Зерноградская ОС) и Сальский филиал ФГБУ «Управления «Ростовмелиоводхоз» обслуживает Манычскую ОС (Манычская 1 ОС и Манычская 2 ОС). Орошаемые площади по состоянию на 2011 г. составляют: Азовской оросительной системы – 20,032 тыс. га, Веселовской ОС – 0,2 тыс. га, Манычской 1 ОС – 7,784 тыс. га, Манычской 2 ОС – 3,027 тыс. га, Зерноградской ОС – 0,992 тыс. га, что в сумме составляет 32,035 тыс. га орошаемых земель.

Режим работы ДМК с современной пропускной способностью обеспечивает самотечную подачу из Цимлянского водохранилища на орошение непосредственно с забором воды из канала, а также подает донскую воду в Манычские водохранилища через Садковский сброс и Пролетарский канал (в объеме около 0,5 км<sup>3</sup>) на орошение в пределах Азовской и Манычской ОС и мелких участков с орошаемой площадью 35,7 тыс. га. Средний объем транзита воды в Манычские водохранилища за период 2005-2010 гг. составил 370 млн м<sup>3</sup>. При этом транзит в Манычские водохранилища подается в основном в весенне-осенний период: около 60 % - по Пролетарскому каналу через Емультинский сброс и 40% из ДМК через Садковский сброс.

Расчетные объемы поступления донской воды в Манычские водохранилища по ДМК и Пролетарскому каналу представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Поступление донской воды из ДМК в Пролетарское и Веселовское водохранилища, млн м<sup>3</sup>

Статья	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Современное состояние
Поступление донской воды из ДМК в Веселовское водохранилище, всего	298,717	205,675	232,463	252,100	204,644	230,020	228,921
- в т. ч. донская вода от Донского филиала ФГБУ «Ростовмелиоводхоз» (Садковский сброс)	136,000	131,000	145,700	150,000	141,714	140,047	143,920
- в т. ч. донская вода от Пролетарского филиала ФГБУ «Ростовмелиоводхоз» (Емультинский сброс)	162,717	74,675	86,763	102,100	62,930	89,973	85,001
Поступление донской воды из ДМК в Пролетарское водохранилище (Пролетарский филиал ФГБУ «Ростовмелиоводхоз»)	26,021	40,468	54,388	58,699	48,740	44,869	50,769

Орошаемое земледелие характеризуется неравномерным потреблением воды. Требования применения орошения к режиму работы Веселовского водохранилища заключаются в бесперебойном водообеспечении в течение вегетационного периода в соответствии с графиком поливов.

На имитационной модели работы водохранилищ, согласно диспетчерским правилам, проведены водохозяйственные расчеты с целью проверки соответствия фактических показателей установленным нормативным расчетной обеспеченности. Выполнена оценка показателей, характеризующих надежность обеспечения различных видов и уровней (гарантийных, сниженных) отдач водохранилищ по различным критериям [2]:

- обеспеченность по числу бесперебойных лет ( $P_{\text{чбл}}$ ):

$$P_{\text{чбл}} = \frac{m}{n+1} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $m$  – число лет календарного ряда, в течение которых отдача не нарушалась относительно заданного режима ни в одном из интервалов (месяцев, декад) внутригодового цикла;  $n$  – общее число лет расчетного ряда;

- обеспеченность по числу бесперебойных периодов – месяцев ( $P_{\text{чбм}}$ ) и по числу бесперебойных декад ( $P_{\text{чбд}}$ ):

$$P_{\text{ЧБМ}}(P_{\text{ЧБД}}) = \frac{m}{n} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $m$  – число интервалов (месяцев или декад) из рабочего периода календарного ряда (если в какие-то интервалы отдачи водопользователю не предусмотрены в годовом цикле, то они не включаются в рассмотрение), в течение которых отдача не нарушалась относительно заданного режима;  $n$  – общее число периодов, исключая те, для которых отдача данному водопользователю не предусмотрена в годовом цикле;

- показатель обеспеченности по объему доставленной воды ( $P_o$ ):

$$P_o = \frac{W_{\text{гар}} - \Delta d}{W_{\text{гар}}} \cdot 100, \quad (3)$$

где  $W_{\text{гар}}$  – гарантированный объем годовой водоотдачи для рассматриваемого водопользователя и уровня нормируемой отдачи;  $\Delta d$  – средний многолетний дефицит водоотдачи данного нормируемого уровня для рассматриваемого водопользователя;

- показатель обеспеченности по регулярности работы в нормальном режиме ( $P_p$ ):

$$P_p = \frac{\overline{L_{\delta/\pi}}}{\overline{L}} \cdot 100, \quad (4)$$

где  $\overline{L_{\delta/\pi}}$  – средняя продолжительность периода без нарушения регулярности заданной водоподдачи;  $\overline{L}$  – средняя продолжительность всех рассмотренных периодов.

Расчеты производились по фактическому восстановленному гидрологическому ряду за период 1950-2010 гг. (61 год) и специально смоделированному на основе методики (метод последовательного определения линейной авторегрессии – ПОЛАР [3]) по 1000 – летнему гидрологическому ряду. Результаты численного моделирования приводятся в таблицах 2 и 3.

При формировании и исследовании различных вариантов функционирования водохозяйственного комплекса водохранилищ Манычского каскада рассматривались следующие факторы:

- варьируемые показатели водопользования и расчетной обеспеченности водоподдачи;
- коэффициенты ограничений нормального водопользования за пределами расчетной обеспеченности;
- различные расчетные объемы водоподдачи кубанской воды;
- варьируемые правила и диспетчерские графики распределения водных ресурсов в условиях текущего управления;
- глубина предполоводной сработки водохранилищ.

В результате выполнено обоснование показателей расчетной обеспеченности гарантийных и сниженных режимов водопользования и допустимой глубины ограничения водопользователей за пределами норматива расчетной обеспеченности (таблица 4).

Таблица 2 – Статистические параметры надежности режимов водопользования из Пролетарского, Веселовского и Усть-Маньчского водохранилищ по гидрологическому ряду за период 1950-2010 гг.

Наименование водопользователя (статьи использования водных ресурсов)	Норматив расчетной обеспеченности по числу бесперебойных лет	Годовая величина гарантированной отдачи, млн м <sup>3</sup>	Фактические показатели обеспеченности по результатам численного моделирования работы водохранилища по многолетнему ряду				
			по числу бесперебойных лет (P <sub>чбл</sub> )	по числу бесперебойных месяцев (P <sub>чбм</sub> )	по числу бесперебойных декад (P <sub>чбд</sub> )	по объему доставленной воды (P <sub>о</sub> )	по регулярности работы в нормальном режиме (P <sub>р</sub> )
Отдача из Веселовского водохранилища для орошения (не рисовые системы)	75	180,25	77,0	87,87	91,8	98,31	91,34
	90	144,2	90,2	97,05	98,36	98,81	91,14
	95	126,17	96,7	98,69	99,45	99,93	88,99
	100	108,15	100	100	100	100	100
Отдача из Веселовского водохранилища для орошения (рисовые системы)	90	75,0	90,2	97,05	98,36	99,89	98,09
	95	65,5	96,7	98,69	99,45	99,97	97,59
	100	60,0	100	100	100	100	100

В перспективе (что согласуется с основным сценарием развития водопользования в среднесрочной перспективе – вариант С по материалам СКИОВО Дона [4]) предусматривается сохранение нынешнего уровня развития орошения с учетом имеющихся площадей и утвержденных лимитов. Предусмотренное на перспективу увеличение фактических объемов орошения, которое отвечает действующим лимитам, предполагает развитие производства риса, согласно Целевой ведомственной программе «Восстановление и развитие рисоводства в России (Рис России)», и увеличение объема водопотребления рисовых севооборотов.

Таблица 3 – Статистические параметры надежности режимов водопользования из Пролетарского, Веселовского и Усть-Маньчского водохранилищ по моделированному 1000-летнему гидрологическому ряду

Наименование водопользователя (статьи использования водных ресурсов)	Норматив расчетной обеспеченности по числу бесперебойных лет	Годовая величина гарантийной отдачи, млн м <sup>3</sup>	Фактические показатели обеспеченности по результатам численного моделирования работы водохранилища по многолетнему ряду				
			по числу бесперебойных лет (P <sub>чбл</sub> )	по числу бесперебойных месяцев (P <sub>чбм</sub> )	по числу бесперебойных декад (P <sub>чбд</sub> )	по объему доставленной воды (P <sub>о</sub> )	по регулярности работы в нормальном режиме (P <sub>р</sub> )
Отдача из Веселовского водохранилища для орошения (не рисовые системы)	75	180,25	76,6	89,7	93,18	98,92	93,16
	90	144,2	91,3	97,3	98,42	99,88	93,45
	95	126,17	98,8	99,7	99,85	99,99	93,11
	100	108,15	100	100	100	100	100
Отдача из Веселовского водохранилища для орошения (рисовые системы)	90	75,0	91,3	97,3	98,42	99,94	98,4
	95	67,5	98,8	99,7	99,85	99,99	98,31
	100	60,0	100	100	100	100	100

Таблица 4 – Расчетная обеспеченность водопользования и нормированное ограничение участников ВХК (орошаемое земледелие) бассейна р. Маньч, подтвержденные водохозяйственными расчетами по многолетнему ряду

Участники ВХК	Обеспеченность водопользования P, %	Ограничение при обеспеченности, %		
		76-90	91-95	> 95
Орошение рисовых севооборотов	90	0	10	20
Орошение не рисовых севооборотов	75	20	30	40

Таким образом, предполагается увеличение посевов риса на Манычской системе до 2,0-2,5 тыс. га. В связи с этим забор воды на нужды орошения рисовых систем из Веселовского водохранилища составит минимум 60,0-75,0 млн м<sup>3</sup>. Показатели использования водных ресурсов для нужд орошения не рисовых систем, по данным ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз», будут соответствовать современному уровню развития орошения из каскада Манычских водохранилищ с проведением работ по модернизации, реконструкции оросительных систем, оборудованию их гидрометрическими устройствами и внедрению системы автоматизации водораспределения.

### **Список использованных источников**

1. Штанько, А.С. Обобщение и анализ нормативных документов, определявших режим использования водных ресурсов Пролетарского, Веселовского и Усть-Манычского водохранилищ [Электронный ресурс] / А.С. Штанько, А.В. Акопян, Н.И. Сафарова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 1(05). – 10 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=82&id=98>.
2. Об утверждении Положения о разработке, согласовании и утверждении правил использования водохранилищ, в том числе типовых правил использования водохранилищ: постановление Правительства РФ от 22 апреля 2009 г. № 349: по состоянию на 22 апреля 2009 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.
3. Сванидзе, Г.Г. Математическое моделирование гидрологических рядов / Г.Г. Сванидзе. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 296 с.
4. Проект схемы комплексного использования и охраны объектов бассейна р. Дон / ФГУП «РосНИИВХ». – 2010. – Книга 1: Общая характеристика речного бассейна. – 256 с.

УДК 631.92:004.942 (477.75)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕСНОГО ПОКРОВА НА РЕЧНОЙ СТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ MWSWAT (НА ПРИМЕРЕ Р. САЛГИР)**

**Е.А. Дунаева**

Институт сельского хозяйства Крыма НААНУ, г. Симферополь, Россия

Проблема наличия водных ресурсов, их качества и доступности водопользователям является очень важной для Крыма. Местные водные ресурсы, которые формируются в горной и предгорной частях полуострова, играют существенную роль в водоснабжении целого ряда населенных пунктов и используются на орошение, особенно в предгорье.

**Постановка вопроса.** Существенное влияние на формирование водных ресурсов оказывает степень лесистости водосбора. Влияние леса на норму стока, согласно уравнению водного баланса, может быть вызвано его действием на количество осадков и испарение. Лес вызывает, подобно повышению, более интенсивный восходящий воздушный поток и потоки обтекания, способствует осаждению горизонтальных осадков в виде изморози, гололеда и в жидком виде [2].

Большой вклад в изучение гидрологии леса сделали В.В. Докучаев (1895), Г.М. Высоцкий (1930), А.А. Молчанов (1960) и др. В.В. Докучаев и Г.М. Высоцкий изучали жизнь и развитие леса с точки зрения его взаимосвязи с почвой. П.А. Костычев (1888), В.В. Докучаев (1895), А.А. Измаильский (1937), Г.М. Высоцкий (1915) и другие пришли к выводу, что леса оказывают большое мелиоративное влияние на прилегающую территорию, определяют микроклимат, регулируют отложения снежного покрова и характер его таяния. Ими установлена взаимосвязь между степенью облесения полей и количеством инфильтрационного стока [2].

Отдельные исследователи (Костин, 1948, Калинин, 1950, Дроздов, 1950, Рахманов, 1959, Кузнецова, 1961, Раунер, 1966) сделали детальные расчеты, которые относятся к проблеме влияния леса на атмосферные осадки, причем большинство из них пришло к позитивным выводам – лес увеличивает количество осадков. В умеренных широтах это увеличение в абсолютных величинах чаще всего составляет 20-100 мм [1]. Исследования показывают, что годовой сток с засаженных лесом бассейнов в 50% случаев выше, чем с малозасаженных. Согласно вышеприведенным работам, расходы водотоков уменьшаются в среднем на 5% при сокращении площадей леса на 10%.

Площадь леса в Крыму в 1897 году составляла 334 тыс. га, а в 1923 – уже 318 тыс. га. В 1920-е годы было вырублено, по приблизительным подсчетам, около 38 тыс. га леса. На 1931 год общая площадь, занятая лесом, составляла 274 тыс. га, а к 1946 году их площадь сократилась до 210 тыс. га. К 1985 году площадь, занятая лесом, была увеличена до 338 тыс. га, а в период после развала СССР опять снизилась до 297 тыс. га. Общая площадь земель лесного фонда Крыма на сегодняшний день составляет – 298,3 тыс. га [3]. Поэтому, в условиях нехватки водных ресурсов, сохранение и усиление водоохраных и водорегулирующих функций леса является актуальной задачей, требующей детального изучения.

**Методология.** Объект исследований – водосборная площадь Симферопольского водохранилища, расположенная в предгорной зоне Крыма. Симферопольское водохранилище – многолетнего регулирования, общий объем 36 млн. м<sup>3</sup>, построено в 1957 году на р. Салгир с целью водообеспечения Салгирской оросительной системы, водоснабжения города Симферополя и близко расположенных населенных пунктов (рис. 1).

Моделирование влияния лесного покрова на приток воды в Симферопольское водохранилище было проведено с использованием открытой геоинформационной системы MapWindow и модели MWSWAT. Коэффициент корреляции между статистическими данными и полученными при моделировании значениями притока за период 1978-2012 гг. равен 0,73, что позволяет рассматривать открытое программное обеспечение MWSWAT как один из возможных инструментов моделирования стока и оценки прогноза возможных изменений поступления воды в водохранилище [4].

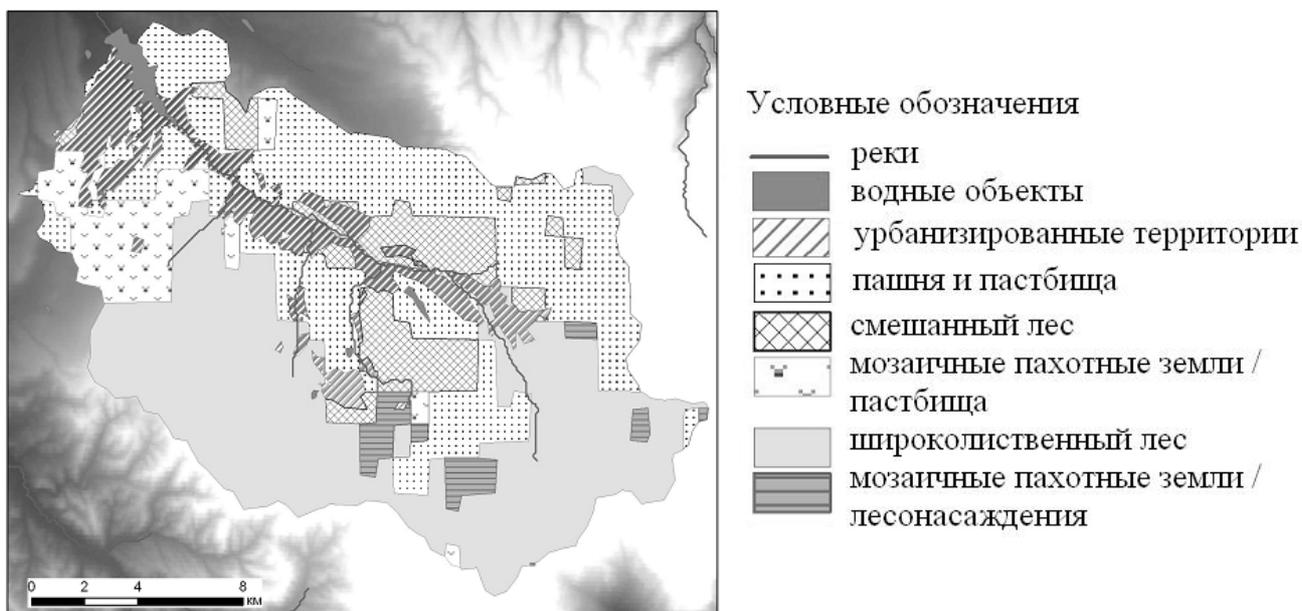


Рисунок 1 – Типы землепользования на водосборной площади Симферопольского водохранилища (верховья р. Салгир)

Для проведения моделирования изменения объемов стока с территории водосбора водохранилища учитывались варианты увеличения и уменьшения площади леса на 10%. Эти расчетные пороговые значения приняты также с учетом возможной погрешности расчетов средней многолетней величины основного параметра, который формирует поверхностный сток территории – осадков (7% по уровню значимости критерия Стьюдента 0.05).

Согласно проведенным расчетам, при уменьшении количества лесов на водосборе Симферопольского водохранилища наблюдается уменьшение объема притока на 7%. Это коррелирует с научными исследованиями, проведенными А.М. Алпатьевым в 60-х годах XX в. [1]. Согласно проведенному расчету, при увеличении количества лесов на водосборе Симферопольского водохранилища наблюдается увеличение объема притока на 6%. Зависимость между площадью занятой под лесом и поступлением воды (млн. м<sup>3</sup>) в водохранилище описывается следующим уравнением:

$$y = 26.41 + 0.184x, \quad (1)$$

где  $x$  – процент территории водосбора занятой лесом.

Распаханность открытых участков не занятых лесом также непосредственно влияет на объем поверхностного стока с территории. Увеличение сельскохозяйственных угодий уменьшает сток за счет выноса рыхлого материала. Несмотря на то, что в последнее десятилетие процент распаханности уменьшился, однако наличие планов по возобновлению орошаемых и богарных площадей, требует проведения расчетов влияния динамики этих типов землепользования на поверхностный сток. В расчетах, согласно вышеизложенным исследованиям, целесообразно учитывать увеличение сельскохозяйственных угодий на 5%. Согласно проведенному расчету, при увеличении площади пашни на во-

досборе Симферопольского водохранилища наблюдается снижение объема притока на 1%.

Древесная растительность аккумулирует питательные вещества из атмосферного воздуха и почвы, передает органические материалы водной среде и удаляет избыточные питательные вещества из грунтовых вод. Согласно результатам расчета, при уменьшении площади, занятой под лесом на 10%, содержание нитратов в воде увеличивается в 1,5 раза. При увеличении площади леса на 10% – концентрация уменьшается на 30%. Таким образом, сохранение и воссоздание лесного покрова на территории водосбора Симферопольского водохранилища позволит улучшить ситуацию с концентрацией нитратов в водном объекте.

Согласно результатам моделирования, при увеличении распаханности (преимущественно в верхней части бассейна) на 5% содержание нитратов в воде уменьшается на 3% за счет потребления растениями питательных веществ, однако увеличивается мутность воды в водохранилище на 39%. Зависимость между площадью пашни на водосборе и мутностью (мг/дм<sup>3</sup>) в воде водохранилища описывается следующим уравнением:

$$y = 6.427 + 74.28x, \quad (2)$$

где  $x$  – процент территории водосбора занятый пашней.

Согласно выполненным расчетам, проведение лесотехнических мелиораций позитивно влияет на поступление дополнительных водных ресурсов, а именно увеличение до 53% площади лесных насаждений в границах водосборной территории Симферопольского водохранилища позволит увеличить поступление воды в среднем на 1.8 млн. м<sup>3</sup> в год.

**Вывод:** Результаты моделирования подтверждают проведенные ранее исследования влияния лесного покрова на формирование водных ресурсов для территорий предгорных и горных водосборов, а именно увеличение притока на 10-30% на залесенных водосборах. Использование программного обеспечения ГИС и агрогидрологических моделей позволяют оценить воздействие мелиораций на речной сток, и тем самым наметить мероприятия по увеличению водообеспеченности региона.

#### **Список использованных источников**

1. Алпатьев А.М. Влагообороты в природе и их преобразования. Тираж 2350 экз. Л.: Гидрометеиздат 1969г. – 324 с.
2. Генсірук С.А. Ліси України / Наук. тов. ім. Шевченка, УкрДЛТУ. - Львів, 2002. – 495с.
3. Dunaieva Ie. Evaluation of Water Resources State Parameters with Using SWAT Model / Ielizaveta Dunaieva// International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 2 Issue 9, September – 2013 – P. 2162- 2167. - ISSN: 2278-0181.
4. Трансформация структуры водного баланса в Крыму в XX веке - начале XXI века и ее оптимизация / под общ. ред. В.А. Бокова - Симферополь: Крымский научный центр, 2011, 193 с.

## **ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

**С.Д. Исаева, Е.В. Овчинникова, Н.С. Быстрицкая, Т.В. Наумова, И.Г. Бондарик**  
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Агропромышленный комплекс является одним из основных потребителей водных ресурсов в стране. При его функционировании водные ресурсы используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, обеспечения предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, животноводческих и птицеводческих комплексов, орошения и обводнения земель, рыбоводства. В условиях роста техногенной нагрузки и ухудшения качества природной среды, становится необходимым систематизировать требования к качеству воды в сельском хозяйстве с целью последующего определения мер, необходимых для гарантированного обеспечения сельского населения и объектов АПК водой необходимого качества в требуемых объемах.

Гарантированное водообеспечение в хозяйственно-питьевых целях является одним из приоритетных направлений развития водохозяйственного комплекса АПК. Требования к качеству питьевой воды для обеспечения населения, а также предприятий перерабатывающей промышленности определены комплексом нормативных документов [1-3]. Качество воды нормируется по органолептическим, химическим показателям, микробиологическим, паразитологическим, ограничивается возможное содержание пестицидов, определяется радиационная безопасность питьевой воды.

Показатели химического состава воды включают предельно допустимые концентрации веществ, встречающихся в природных водах и появляющихся в них в результате антропогенного загрязнения или в результате очистки воды. Предельно допустимая концентрация (ПДК) - это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

Принятые в России государственные нормы качества питьевой воды лимитируют содержание сухого остатка, бериллия, молибдена, мышьяка, нитратов, свинца, селена, стронция, фтора, урана, хлоридов, сульфатов, железа, марганца, меди, цинка, других элементов, а также общей жесткости и рН. Нормируются органолептические показатели воды (запах, мутность и др.). Безопасность воды в радиологическом отношении оценивают по показателям  $\alpha$ -,  $\beta$ -радиоактивности; в эпидемическом - общим числом микроорганизмов и числом бактерий группы кишечных палочек.

Разработка международных стандартов в области охраны окружающей среды, в том числе и качества воды, относится к приоритетным направлениям деятельности Международной организации по стандартизации (ИСО). Организация создана в 1886 г. В настоящее время Международная организация по

стандартизации насчитывает более 100 членов. Россия является постоянным членом руководящих органов ИСО. Требования к ПДК веществ в питьевой воде в России учитывают рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), но отличаются от других стран. Так, например, в России допускается содержание хлоридов до  $350 \text{ мг/дм}^3$ , в Болгарии – до  $250 \text{ мг/дм}^3$ , в соответствии с нормами ВОЗ максимально допустимая концентрация хлоридов –  $600 \text{ мг/дм}^3$ , железа –  $1 \text{ мг/дм}^3$ , сульфатов  $400 \text{ мг/дм}^3$ . В России ПДК железа составляет  $0,3 \text{ мг/дм}^3$ , сульфатов –  $500 \text{ мг/дм}^3$ .

Наиболее подвержены загрязнению поверхностные воды. За счет стоков в водные объекты поступают сульфаты, хлориды, азот, фосфор, тяжелые металлы и другие загрязняющие вещества. С 1990 г. из-за экономического спада в России использование пресной воды снизилось более, чем на 30%. Сократился и сброс загрязняющих веществ со сточными водами (кроме нитратов) из-за сокращения объемов промышленного производства, однако адекватного улучшения качества воды в поверхностных водных объектах не произошло [4]. Основные реки страны – по данным Госдоклада о состоянии окружающей среды в 2012 г. [5] – оцениваются как «загрязненные» (Волга, Дон, Кубань, Обь, Енисей, Лена, Печера), а их крупные притоки — как «сильно загрязненные» (Ока, Кама, Томь, Иртыш и др.).

Подземные воды относительно защищены от загрязнения. Тем не менее, по данным Роспотребнадзора продолжается развитие процессов загрязнения подземных вод [2]. Следует отметить, что если ранее загрязнение проникало преимущественно в грунтовые воды, то в последние годы техногенное загрязнение стало характерным и для глубоких водоносных горизонтов. Всего в 2012г. установлено более 6, 5 тыс. участков загрязнения подземных вод, из которых 3,4 тыс. связаны с наиболее опасным загрязнением - на водозаборах подземных вод. Как правило, это водозаборы малodeбитные, порядка  $1 \text{ тыс м}^3/\text{сут}$  [5]. С сельскохозяйственной деятельностью связано 15% загрязнений. Эти случаи обусловлены проникновением загрязняющих веществ из накопителей отходов и полей фильтрации, орошением сточными водами животноводческих комплексов и птицефабрик, а также с фильтрацией вод с участков сельскохозяйственных массивов, обрабатываемых ядохимикатами и удобрениями. С подтягиванием к водозаборам некондиционных подземных вод при нарушении режима их эксплуатации связано 7% случаев загрязнения. Загрязняющими подземные воды техногенными веществами преимущественно являются соединения азота (нитраты, нитриты, аммиак или аммоний) и нефтепродукты.

Техногенное загрязнение водозаборов часто связано с тем, что недропользователи не выполняют условий лицензионных соглашений: отсутствуют зоны санитарной охраны водозабора, не выполняется программа по контролю за качеством подземных вод, техническое состояние эксплуатационных скважин нередко неудовлетворительное. Организация зон санитарной охраны (ЗСО) является обязательным условием для утверждения подсчитанных запасов подземных вод в Государственной или Территориальной комиссии по запасам при эксплуатации участка недр с целью добычи подземных вод или забора поверх-

ностных при организации как централизованного, так и нецентрализованного водоснабжения. Создание ЗСО регламентировано [6]. Организация зон санитарной охраны стала особенно трудной в связи с частной собственностью на землю. Неблагоприятной остается обстановка с ликвидацией бездействующих скважин. Бесхозные скважины являются источниками загрязнения подземных вод, т.к. устья их, как правило, открыты, павильоны разрушены, тампонаж приустьевых площадок нарушен или совсем отсутствует. Помимо эксплуатационных, имеется большое количество неликвидированных гидрогеологических скважин. К ним относятся скважины наблюдательной сети, вышедшие из строя и не подлежащие ремонту.

Кроме техногенного загрязнения подземных вод широко развиты природные аномалии их химического состава. Гидрохимический состав подземных вод определяется минералами, содержащимися в водоносных породах, что обуславливает повышенное относительно нормативов содержание в водах железа, бария, фторидов и других веществ, радиоактивность вод и иные неблагоприятные для использования свойства.

Недропользователи, обеспечивающие население подземными водами, в соответствии с лицензией, должны регулярно с периодичностью раз в квартал (или сезон в зависимости от динамичности химического состава воды) контролировать качество добываемой воды. При низком качестве воды (существовании доказанного риска для здоровья) необходимо внедрение системы сертифицированных фильтров доочистки, подобранных оптимально к данному источнику. При этом требуется определить реальные показатели, по которым наблюдается несоответствие нормативам, и рекомендовать основную технологию доочистки. В настоящее время в России около 90% поверхностных вод, используемых для водоснабжения, и не менее 30% подземных вод подвергается обработке. В современной практике улучшения качества загрязненных и минерализованных природных вод применяются различные методы. К наиболее распространенным и перспективным методам очистки (обессоливания) относятся обратный осмос, электродиализ, ионный обмен, дистилляция, сорбция, биологические и биохимические методы.

Вода для поения животных также должна отвечать требованиям, предъявляемым к питьевой воде, прежде всего должна быть прозрачной, бесцветной, без запаха [7]. Основные компоненты, подлежащие нормированию – это общая минерализация, жесткость, содержание хлоридов и сульфатов, содержание нитратов, микроэлементов – металлов, органических соединений – пестицидов и других. При водообеспечении животных учитывается возраст скота, суточная потребность в воде, химические элементы, добавляемые в корм животных и т.д. Качество воды для поения сельскохозяйственных животных оказывает значительное влияние на их жизнеспособность и продуктивность, качество мяса и молока.

Предельно-допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей ( $ПДК_{рх}$ ) – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, прежде

всего промысловых [8]. Предельно-допустимые концентрации вредных веществ для рыбохозяйственных водоемов и водотоков установлены более чем для 500 ингредиентов с учетом пяти показателей вредности. Три из них общие показатели для оценки качества воды - органолептический, санитарный и санитарно-токсикологический, и два специфических - рыбохозяйственный и токсикологический показатели. Рыбохозяйственный показатель определяет порчу товарных качеств промысловых рыб (появление в рыбе неприятных привкусов и запахов). Токсикологический показатель вредности характеризует токсичность вещества для живых организмов, населяющих водный объект. Наименьшая из безвредных концентраций по этим пяти показателям вредности принимается за ПДК с указанием лимитирующего показателя вредности.

Изучению влияния качества оросительной воды на развитие процессов засоления и осолонцевания почв посвящены работы В.В. Докучаева, А.Н. Костякова, В.А. Ковды, С.Я. Бездниной, И.С. Рабочева, И.П. Айдарова, О.Г. Грамматикати, Б.А. Зимовца, А.И. Голованова, Н.Б. Хитрова, Н.Г. Минашиной, А.И. Королькова, И.Н. Антипова-Каратаева и др. Во ВНИИГиМ на протяжении многих лет эти вопросы разрабатывались С.Я. Бездниной. Наиболее полно современные принципы нормирования и методы оценки качества воды для орошения изложены в монографиях С.Я. Бездниной [9,10], где предложена комплексная оценка пригодности воды для орошения: по степени ее влияния на почву, возделываемые сельскохозяйственные культуры, в зависимости от содержания в поливной воде тяжелых металлов, пестицидов, а также по воздействию воды на сооружения мелиоративных систем. Особые требования предъявляются к воде, используемой для капельного орошения [11]. В этом случае помимо общей минерализации и рН воды ограничивается содержание марганца, железа, популяций бактерий и др. Вода обязательно проходит механическую очистку для предотвращения заиливания отверстий капельниц.

Опасным источником загрязнения водных объектов являются стоки животноводческих предприятий и птицефабрик, часто размещаемых в пределах водоохраных зон. Животноводческие стоки относятся к высококонцентрированным стокам и требуют сложной технологии очистки. Для предотвращения загрязнения водных объектов необходима разработка и внедрение высокотехнологичных, экологически безопасных, безотходных технологий переработки, обеззараживания и утилизации животноводческих стоков. В России разрабатываются современные многостадийные технологии очистки животноводческих стоков.

Сточные воды предприятий перерабатывающей промышленности АПК характеризуются повышенным содержанием белков, жиров, биоорганических соединений. Наиболее распространенными методами очистки этих сточных вод являются биологические методы, предусматривающие биохимическое окисление в аэробных или анаэробных условиях с последующим обеззараживанием.

В современной практике повышения качества минерализованных и загрязненных дренажных вод применяются различные методы очистки: физические – дистилляция, вымораживание, активация; химические – ионный обмен,

опреснение клатратами; физико-химические – электродиализ, обратный осмос, сорбция; биологические и биохимические методы, основанные на использовании очистительной способности аэробных и анаэробных микроорганизмов, водорослевых образований – микрофитов и высших водных растений – гидромакрофитов [12,13].

В России разрабатывается широкий спектр технологического оборудования для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод: от сооружений небольшой производительности, рассчитанных на очистку воды для отдельных фермерских хозяйств до крупных водоочистных сооружений, предназначенных для очистки сточных вод поселков с населением более 1000 человек. Современные модели водоочистных сооружений экспонировались на международном Водном форуме "ЭКВАТЭК-2014", проходившем в Москве 3-6 июня 2014 года.

Для очистки хозяйственно-бытовых стоков применяются сооружения "ТОПАС" и "ТОПАЭРО" (разработчик ГК "ТОПОЛ-ЭКО", г. Москва), БИОКОМПАКТ (разработчик ППК "БИОКОМПАКТ"), "БИОКОС" (разработчик ГНПП "БИОКОС", Московская обл.). Сооружение БИОДИСК (разработчик НПО "Экотехника", г. Москва), производительностью от 20 м<sup>3</sup>/сут (модификация БИОДИСК-100) до 200 м<sup>3</sup>/сут (БИОДИСК-1000), предназначено для очистки бытовых сточных вод населенных пунктов с численностью от 30 до 500 человек. Комплексы очистных сооружений типа КОС ЭКО-Р производства ЭКОЛАЙН предназначены для очистки сточных вод поселков, производственных предприятий и рассчитаны на производительность до 3000 м<sup>3</sup> в сутки. Охрана водных ресурсов от загрязнения является важной задачей при решении проблемы сохранения экологической устойчивости природной среды. Для обеспечения благоприятной экологической ситуации при использовании вод в рассмотренных целях необходимо развитие системы мониторинга, в данном случае – эколого-мелиоративного, орошаемых и осушенных земель, состояния сельскохозяйственных земель и плодородия почв, а также водных объектов в АПК.

Развитие водопользования в агропромышленном комплексе предполагает преобразование системы управления водохозяйственными предприятиями на основе совершенствования законодательно-правовой и нормативной системы, экономических основ формирования цен и платежей за использование природных ресурсов и загрязнение окружающей среды и др. рычагов стимулирования эффективности водохозяйственной деятельности. Для улучшения ситуации в водохозяйственном комплексе в настоящее время планируется его реформа на основе двух подходов. Один из них основан на господдержке проектов по осуществлению инвестиций в сектор водоснабжения. Второй на использование механизмов взаимодействия различных уровней власти, частных операторов и инвесторов. Господдержка может быть осуществлена за счет предоставления субсидий из средств федерального бюджета федеральным округам. Для повышения инвестиционной привлекательности сектора водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод частным инвесторам должен быть обеспечен гарантированный возврат вложенных средств, повышение доходности инвести-

рованного капитала. Для учета разной водообеспеченности и качества воды в регионах страны возможен рентный подход к оценке водных ресурсов и при определении водного налога. Таким образом, развитие экосистемного водопользования в агропромышленном комплексе предполагает рациональное использование водных ресурсов при обеспечении населения и отраслей сельского хозяйства водой в необходимых объемах и требуемого качества, охрану поверхностных и подземных водных объектов от загрязнения и истощения, сохранение благоприятной экологической обстановки на мелиорируемых и прилегающих землях. Решение возникающих при этом задач может быть только комплексным, охватывающим развитие систем водоподготовки, очистки сбросных и дренажных вод, внедрение замкнутых циклов водопользования на предприятиях перерабатывающей промышленности, развитие мониторинга водных объектов, совершенствование норм водопользования, оросительных систем, а также системы управления водохозяйственным комплексом в АПК и экономического стимулирования рационального природопользования.

### **Список использованных источников**

1. СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества". Информационный ресурс: <http://ross-water.com/files/sanpin/file-2.pdf?1242648352>
2. СанПиН 2.1.4.1175-02 "Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованных систем питьевого водоснабжения. Санитарная охрана источников" Информационный ресурс: [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/10/10948/](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/10/10948/)
3. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Информационный ресурс: [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/41/41363/index.htm](http://www.infosait.ru/norma_doc/41/41363/index.htm)
4. Рыбина Н.Н., Исаева С.Д. Повышение степени обеспеченности подземными водами сельского населения и объектов АПК [Текст] / Н.Н. Рыбина, С.Д. Исаева // Водное хозяйство России. – 2012. – №6. – С. 78-87.
5. Государственный доклад о состоянии окружающей среды в 2012 г. Информационный ресурс: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/cef/gosdoklad>
6. СанПиН 2.1.4.1110-02 "Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого водоснабжения" / [http://www.tehbez.ru/Docum/DocumShow\\_DocumID\\_489.html/](http://www.tehbez.ru/Docum/DocumShow_DocumID_489.html/)
7. СанПиН 2.1.4.1175–02. - Ветеринарно-санитарные требования к воде для поения животных (из открытых водоисточников).
8. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. Утверждены приказом Председателя Комитета РФ по рыболовству 28.04.1999, №6.
9. Безднина, С.Я. Экологические основы водопользования. [Текст] – М.: Изд. ВНИИА, 2005. -224 с.
10. Безднина, С.Я. Научные основы оценки качества воды для орошения. [Текст] - Рязань: Изд. РГАТУ. -2013.-171 с.
11. Шуравилин, А.В., Режим орошения земляники при дождевании и капельном поливе [Текст] / А.В. Шуравилин, М.Ю. Храбров // Международный научно-технический и производственный электронный журнал «Науки о Земле». - 01.-2011.
12. Безднина, С.Я., Овчинникова, Е.В. Регулировать качество коллекторно-дренажных вод [Текст] // Вопросы мелиорации. 1997. № 1-2, с. 47-54.

13. Конторович, И.И. Каталог перспективных ресурсоэкономичных технологий и технических средств для очистки дренажных и сбросных вод гидромелиоративных систем. [Текст] –М.: ВНИИГиМ, 2007.

УДК 556.18; 626/627

## **МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ИСФАРА, РАЗВИТИЕ ВОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА**

**А.К. Камолидинов, Б.А. Гафаров**

Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан, г. Душанбе, Таджикистан

### **Общие сведения о бассейне**

Река Исфара является левым притоком реки Сырдарья и имеет направление течения с юга на север. Части бассейна реки располагаются в Баткентском районе Кыргызстана, Исфаринском и Канибадамском районах Таджикистана и Бешарикском районе Узбекистана.

Основной сток реки Исфары формируется на северных склонах Алайского хребта в Кыргызстане, где образуются и объединяются притоки реки Исфара (Кшемьш и Каравшин с притоками Нурлоу, Кироксан, Бирксу и Джиптык, Минтэке, Каратура, Тамынген и Уртачашма). На территории таджикского анклава Ворух реки Кшемьш и Каравшин сливаются и образуют реку Исфара. Площадь водосборного бассейна реки составляет 3240 км<sup>2</sup>, длина 107 км<sup>1</sup>. Река имеет снегово-ледниковое питание с площадью ледников 169,6 км<sup>2</sup>. По данным ГУ Таджикгидромета средний расход реки за последние 98 лет составляет 14,8 м<sup>3</sup>/с, а твердый сток 12 кг/с. Высотное расположение меняется от 400 до 800 м над уровнем моря.

Климат бассейна, континентальный и сухой, меняется в зависимости от высоты. Январские температуры в долинах колеблются около от 0° до -3,2°С, а в высокогорьях опускаются до -27°С. Лето жаркое, июльские температуры варьируют от +23 до +30°С, среднемаксимальное +36,8°. Атмосферные осадки в горах меняются в переделах 400— 800 мм, а в долинной части и закрытыми горами части бассейна, в переделах 160— 400 мм. Вегетационный период в бассейне составляет 210-220 дней в году, сумма полезных температур за вегетационный период – 4300<sup>0</sup> – 4700<sup>0</sup>. Климатические условия бассейна благоприятны для сельскохозяйственного производства.

Большая часть реки Исфара течет в горной местности, и она считается одним из наиболее селеопасных рек на севере Таджикистана. Половодье длится с конца апреля по октябрь месяцы, максимальный сток в июле - августе. Максимальный паводковый пик расхода воды, зафиксированный гидропостом «Танги Ворух», составил 77,9 м<sup>3</sup>/с.

Водные ресурсы бассейна в основном используется в секторах водоснабжения, сельского хозяйства, промышленности и других нужд. Но основным во-

<sup>1</sup> Взято из гидрологического сборника Гидромет СССР том 14 выпуск 1, 1965 г., стр.70

допользователем является сельскохозяйственный сектор, на его долю приходится около 90% всех водных ресурсов бассейна.

Река Исфара является межгосударственной. Ее водными ресурсами пользуются Кыргызстан, Таджикистан и Узбекистан. Вода между бассейновыми странами распределяется на основе установленных в Советский период порядков и режимов, которые зафиксированы в соответствующих Протоколах. Так как в бассейне реки проживает большое количество населения и сильно ощущается нехватка водных ресурсов, межгосударственное распределение воды установлено в результате неоднократных сложных переговоров при активном участии населения всех бассейновых стран.

### **История развития межгосударственных водных отношений**

Межгосударственные водные отношения Таджикистана в бассейне реки Исфара развивались по мере освоения новых земель в Баткенском (Кыргызстан), Исфаринском, Канибадамском (Таджикистан) и Бешарикском (Кировском – Узбекистан) районах бассейновых стран. Разумное и справедливое вододеление реки Исфара было осуществлено на встречах ответственных представителей водохозяйственных органов трех стран при участии ответственных представителей Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР. Результаты встреч задокументированы двух и трехсторонними протоколами, которые утверждены на уровне Министерства водного хозяйства СССР.

На региональном уровне 18 февраля 1992 года в г. Алматы было подписано Соглашение между Республикой Казахстан, Республикой Кыргызстан, Республикой Узбекистан, Республикой Таджикистан и Туркменистаном «О сотрудничестве в сфере совместного управления использованием и охраной водных ресурсов межгосударственных источников». В этом Соглашении стороны, уважая сложившуюся структуру и принципы распределения и основываясь на действовавших на то время нормативных документах по межреспубликанскому распределению водных ресурсов, согласились, что «договаривающиеся стороны обязуются обеспечить строгое соблюдение согласованного порядка и установленных правил использования и охраны водных ресурсов» (статья 2).

Также согласно Нукусской Декларации государств Центральной Азии и международных организаций по проблемам устойчивого развития бассейна Аральского моря (принята на международной конференции ООН по устойчивому развитию государств бассейна Аральского моря. Нукус, 20 сентября 1995 года), в части I Декларации Стороны подчеркнули: «Мы согласны с тем, что Центрально-азиатские государства признают ранее подписанные и действующие соглашения, договоры и другие нормативные акты, регулирующие взаимоотношения между ними по водным ресурсам в бассейне Арала, и принимают их к неуклонному исполнению».

Таким образом, эти два региональных документа закрепили прежнее распределение водных ресурсов между государствами - участниками<sup>2</sup> вышеупомянутых Соглашения и Декларации. На основе этих правовых документов, а так-

---

<sup>2</sup> Кыргызстан, Таджикистан и Узбекистан являются Сторонами Соглашения 1992 г. и Нукусской Декларации 1995 года.

же согласованных Сторонами Протоколов, вододелиение между государствами бассейна реки Исфара и в настоящее время осуществляется на основании ранее подписанных протоколов.

### **Объекты межгосударственного водного сотрудничества**

**Тортгульское водохранилище** является основным водным объектом межгосударственного значения в бассейне реки Исфара. Это наливное водохранилище объёмом 90 млн. м<sup>3</sup> было построено в 1971 году в Баткенской области Кыргызстана. Основное назначение водохранилища – обеспечение водой орошаемых земель Баткенской долины и регулирование стока в маловодные и многоводные периоды. Наполнение Тортгульского водохранилища осуществляется из реки Исфара в период с 01 июня по 30 сентября, и с 01 октября до 01 апреля, оставляя в реке санитарные попуски в размере 1,5 м<sup>3</sup>/сек ниже водозаборного сооружения. Максимально возможное наполнение водохранилища в указанные периоды улучшает распределение стока реки между республиками в вегетационный период и позволяет более эффективно использовать водохранилище. Порядок наполнения и использования воды Тортгульского водохранилища регулируется Протоколом совещания по вопросам эксплуатации Тортгульского водохранилища от 16 мая 1991 г., состоявшегося в городах Исфара и Баткен. Совместное использование водохранилища решает сложный вопрос обеспечения водой фермеров обеих стран, особенно, в маловодные месяцы, апрель-май.

Однако, водохранилище оказывает отрицательное влияние на мелиоративное состояние земель Исфара-Лякканской долины. Фильтрация воды из водохранилища способствует подъёму уровня грунтовых вод, переувлажнению, заболачиванию и засолению земель, подтапливает территории населённых пунктов на таджикской территории. По данным Исфаринского Государственного Управления водного хозяйства из 9372 га орошаемых земель в долине различной степени засоления подвергнуты 4,8 тыс. га, из них средне- и сильно засоленные почвы составляют 1,5 тыс. га. Около 4 тыс. га подтоплены грунтовыми водами. Сокращение фильтрации воды из водохранилища и на орошаемых землях в пределах кыргызской территории может резко улучшить мелиоративное и экологическое состояние в Исфара-Лякканской долине. Если не принять эффективные меры по улучшению мелиоративного состояния земель, то площади средне- и сильнозасоленных земель в будущем могут увеличиться более чем в два раза.

Сотрудничество с кыргызской стороной в этом направлении может принести большую выгоду обоим сторонам: устраняется подтопление населённых пунктов, улучшится экологическая ситуация в долине. Кроме того, сэкономленная и освобождённая вода будет использована для повышения водообеспеченности земель, а значит для повышения урожайности выращиваемых фермерами сельскохозяйственных культур.

**Трансграничный водовод Ворух-Шураб** построен в 1966 г. для водоснабжения поселка Шураб (Таджикистан). Трубопровод диаметром 450 мм имеет протяжённость 32 км, из которых 17 км проходит по территории Кыр-

гызстана. Система водоснабжения включает два отстойника, один из которых расположен непосредственно на водозаборе и второй - в поселке Шураб. Водозабор расположен на территории таджикского джамоата Ворух. Трубопровод проходит через густонаселенные пункты Таджикистана и Кыргызстана. Магистральный трубопровод также обеспечивает водой 6 сел Кыргызстана и 2 села джамоата Ворух.

За последнее время на трубопроводе незаконно осуществлялись самовольные подключения и забор воды населением для полива приусадебных участков кыргызских сел. Во время обхода Межправительственной Комиссии в 2001-2002 гг. было обнаружено более 100 самовольных присоединений диаметром от 32 мм до 159 мм. Для рационального использования питьевой воды и эффективного функционирования трубопровода 08.10.2002 г. было подписано Соглашение по режиму эксплуатации трассы «Ворух-Шураб» между Службой коммунального хозяйства поселка Шураб и водным Комитетом «Андиген - Суу» Кыргызстана. Однако положения этого Соглашения должным образом не были соблюдены, и ранее существовавшие вопросы остались не решенными. Эффективное сотрудничество по регулированию этого вопроса способствует значительному улучшению жизненных условий местных жителей обеих стран и сократит уровень бедности.

**Ирригационные каналы** в бассейне нуждаются в реабилитационных и восстановительных работах для устойчивого водообеспечения орошаемых земель. Однако части этих каналов расположены на спорных территориях, проведение реабилитационных работ необходимо согласовать с соответствующими органами обеих стран. Также необходимо создание взаимоприемлемого механизма совместного управления данными каналами. Хотя эти каналы обеспечивают водой ограниченную площадь земель, решение вопроса эффективного сотрудничества будут способствовать созданию общего благоприятного фона сотрудничества между бассейновыми странами.

**Стихийные бедствия**, связанные с водой в бассейне горной реки Исфара не редкость. Селевые потоки в основном формируются на территории Кыргызстана и, из-за существующей геоморфологии, направляются на территорию Таджикистана. По селеопасным направлениям "Ляккан-1", "Ляккан-2" и "Холесан", ежегодно сели наносят ущерб постройкам и орошаемым землям жителей Исфаринского района. Существуют проектные предложения по снижению ущерба и регулированию селевых потоков, однако, их реализация связана с поиском финансовых источников для воплощения этих проектов. Решение вопросов снижения рисков стихийных бедствий в бассейне реки Исфара тесно связано с развитием сотрудничества между бассейновыми странами.

#### **Существующие механизмы водного сотрудничества**

Межгосударственные водные отношения в бассейне реки Исфара регулируются международно-правовыми актами, признанными бассейновыми странами, историческими порядками межгосударственного распределения водных ресурсов, зафиксированных в виде Протоколов, национальными законодательствами, регулируемыми межгосударственные отношения. На международном

уровне правительства Кыргызстана и Таджикистана придерживаются принципа целесообразности использования богатых водно-энергетических ресурсов обеих стран в интересах всех стран Центральной Азии. На международных форумах, конференциях и других мероприятиях, посвященных водным проблемам Кыргызстан и Таджикистан, выступают за межгосударственное сотрудничество для улучшения водоснабжения населения, бережного и рационального использования водных ресурсов, развитие гидроэнергетики, снижение рисков водных стихийных бедствий. Всемирно известны инициативы Президента Республики Таджикистан об объявлении 2003 года Международным Годом пресной воды, объявлении 2005-2015 гг. - Международным Десятилетием действий «Вода для жизни» и объявление 2013 г. - Международным годом водного сотрудничества. Эти мероприятия позволили повысить внимание мирового сообщества к усиливающимся и усложняющимся водным проблемам.

На региональном уровне, Кыргызстан и Таджикистан являются странами верховьев двух крупных рек. Но в бассейнах малых межгосударственных рек, в том числе в бассейне реки Исфара, к территории Кыргызстана, по сравнению с Таджикистаном и Узбекистаном, относятся большие площади в верховьях. Бассейны всех межгосударственных малых рек северного Таджикистана являются густонаселенными, и водные ресурсы этих рек используются интенсивно и давно исчерпаны. Естественно, регулирование межгосударственных водных отношений в этих условиях нуждается в комплексном подходе.

На протяжении последних 10 лет действует созданная Совместная Межправительственная комиссия Таджикистана и Кыргызстана по рассмотрению двусторонних вопросов. По поручению Совместной Межправительственной комиссии, на основе совместного заявления Президентов двух стран от 16 мая 2008 г., для рассмотрения водных вопросов, в конце мая 2008 г. создана специальная Межминистерская рабочая группа (МРГ).

Опираясь на соответствующие положения международных Конвенций, МРГ при технической помощи Программы GIZ «Трансграничное управление водными ресурсами в Центральной Азии» разработала проект рамочного «Соглашения между Правительством Кыргызской Республики и Правительством Республики Таджикистан о сотрудничестве по использованию международных рек». Последний проект Соглашения в настоящее время рассматривается на уровне правительств обеих стран. Подписание данного Соглашения поднимет межгосударственные водные отношения Кыргызстана и Таджикистана на новый качественный уровень: будут созданы Совместная Водная Комиссия, бассейновые комитеты рек, постоянно действующие секретариаты.

### **Выводы и рекомендации**

Проводимую в настоящее время межгосударственную водную политику Кыргызстана и Таджикистана по отношению друг к другу, можно считать достаточно действенной и сбалансированной. Но для дальнейшего развития сотрудничества и улучшения состояния окружающей среды, сохранения и улучшения качества воды, охраны водных объектов в бассейне реки Исфара можно рекомендовать следующее:

1. Заключение Соглашения между Правительством Кыргызской Республики и Правительством Республики Таджикистан о сотрудничестве по использованию международных рек, внедрение его положений.

2. Разработка и реализация Долгосрочного инвестиционного проекта по строительству и восстановлению объектов питьевого водоснабжения.

3. Разработка и реализация Долгосрочного инвестиционного проекта по восстановлению и модернизации оросительной и дренажных систем.

4. Внедрение принципов Интегрированного управления водными ресурсами, на первом этапе на национальном уровне бассейна реки, на втором - на межгосударственном уровне.

5. Разработка Долгосрочного Плана внедрения водосберегающих технологий с учетом почвенно-мелиоративных условий конкретных участков.

6. Принятие обязательства Сторонами по освоению новых земель только при внедрении водосберегающих технологий в пределах установленных лимитов.

7. Внедрение системы управления пастбищами для снижения темпов деградации почв и уничтожения лесов в водосборной зоне реки Исфара.

8. Изучение, разработка и внедрение инженерно-технических мероприятий по снижению фильтрации воды из Тортгульского водохранилища.

9. Восстановление и модернизация системы учета воды для осуществления действенного мониторинга количества и качества воды, создание информационной системы и базы данных по использованию водных ресурсов.

10. Разработка и внедрение Долгосрочной Программы повышения осведомленности и знания населения и водопользователей по вопросам рационального использования водных ресурсов, санитарии и охране водных объектов от загрязнения, платности услуг водоподачи и возможных штрафных санкциях при расточительном использовании воды и загрязнении водных объектов.

11. Разработка и реализация других мер, способствующих улучшению водохозяйственной обстановки в бассейне реки Исфара.

УДК 333.93

## **ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РОСТА**

**А.К. Камолидинов, Б.А. Гафаров**

Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан, г. Душанбе, Таджикистан

Орошаемое земледелие исторически имело жизненно важное значение для народов Центральной Азии. Основа современной промышленности была заложена в период существования Советского Союза. Ее восстановление до уровня 1990 года и развитие в различных странах региона происходит неравномерно. Орошаемое земледелие по-прежнему остается основным занятием насе-

ления. Если в советское время основной целью освоения новых земель было производство хлопка, то сейчас расширение орошаемых земель связано с ростом численности населения (табл.1). В настоящий период в регионе проживает около 60 млн. человек, в бассейнах Амударьи и Сырдарьи орошается около 8 млн. га земель. Водные ресурсы полностью используются на нужды экономики, и уже последние двадцать лет страны региона ощущают их дефицит.

Таблица 1 - Орошаемая площадь в расчете на душу населения в странах Центральной Азии

Страны Центральной Азии	Орошаемые земли, тыс. га	Орошаемая площадь в расчете на душу населения, га/чел
Казахстан	786	0,30
Кыргызстан	422	0,14
Таджикистан	740	0,11
Туркменистан	1735	0,41
Узбекистан	4295	0,19
<b>Всего</b>	<b>7971</b>	-

Глобальное потепление климата, о котором говорят последние двадцать лет, приводит к повышению динамичности воздушных масс и ускорению круговорота воды в природе. Вследствие этого в Центральной Азии площадь ледников уменьшается, сезонные температурные изменения становятся экстремальными: зимой холоднее и летом жарче по сравнению с многолетними наблюдениями. Установлено, что в последние 15 лет наблюдается нарастание повторяемости экстремальных ситуаций, когда наряду с многоводными периодами (1994-1995 гг., 2003-2004 гг.) возникают особо маловодные (2000, 2001, 2008 гг.). За этими данными скрываются огромный труд сотен тысяч людей для преодоления трудностей, вызванных маловодьем и многоводьем.

Применяемая система управления водными ресурсами была разработана в условиях единой государственности, когда возникающие проблемы управления, в том числе и связанные с дефицитом водных ресурсов, решались с наименьшими издержками. В постсоветский период возник ряд субъективных и объективных факторов, которые можно считать экстремальными, что требует пересмотра или совершенствования региональной системы управления водными ресурсами. К основным факторам необходимо отнести следующие:

- демографический рост и полное исчерпание водных ресурсов Амударьи и Сырдарьи для нужд экономики, высыхание Аральского моря;

- распад единой государственности и превращение внутренних рек в трансграничные;

- экономический кризис и неспособность стран региона разработать взаимовыгодную экономическую основу совместного использования водных ресурсов;

-разные приоритеты использования водных ресурсов в странах региона: для стран, расположенных в верховьях - это гидроэнергетика; в низовьях – ирригация;

-преобладание монокультуры – хлопчатника, требующего высоких оросительных норм;

-потепление климата и изменение гидрографов рек, что предполагает сокращение использования водных ресурсов на орошение.

**Демографический рост.** Этот фактор оказал определяющее влияние на возникновение существующей ситуации. Центральная Азия относится к региону с высоким темпом роста населения. Хотя основной причиной интенсивного освоения земель было производство хлопчатника, не менее важными целями были и остаются обеспечение возрастающего населения продуктами питания, повышение его занятости. По данным Всемирного Банка к 2050 г. общая численность населения стран, примыкающих к бассейну Аральского моря составит 173,0 млн. человек (табл. 2).

Таблица 2 - Прогноз роста населения в Центральной Азии

Страны Центральной Азии	Численность населения <sup>1</sup> , млн. чел		Прогнозный прирост, %
	2006г	2050г	2050г
Афганистан <sup>2</sup>	24,5	97,3	297
Казахстан <sup>2</sup>	14,8	13,1	-11,5
Кыргызстан <sup>2</sup>	5,3	6,7	26,4
Таджикистан	7,0	10,4	57,6
Туркменистан	4,9	6,8	38,8
Узбекистан	27,0	38,7	43,3
<b>Всего без Афганистана</b>	<b>59,0</b>	<b>75,7</b>	<b>28,3</b>
<b>Всего с Афганистаном</b>	<b>83,5</b>	<b>173,0</b>	<b>108</b>

Примечание: 1-данные Фонда народонаселения ООН (UNPFA), 2 –включают всю территорию, в том числе вне бассейна Аральского Моря

Увеличение численности населения в полтора-два раза - существенный аргумент в пользу пересмотра существующей системы управления водными ресурсами.

**Изменение статуса рек на трансграничный.** После приобретения суверенитета возникли масса субъективных проблем, усложнивших управление водными ресурсами. Между странами Центральной Азии в феврале 1992 г. в г. Алматы было подписано Соглашение о совместном использовании и охране межгосударственных водных источников. Страны региона договорились придерживаться существовавших в период Советского Союза параметров водodelения, но до сих пор не смогли договориться об экономических основах совместного использования водных ресурсов. Это создает ряд проблем вплоть до межгосударственных трений.

**Экономический кризис.** Большинство стран пока не смогли полностью преодолеть экономический кризис, начавшийся после распада Советского Союза, и каждое государство старается решать эту проблему самостоятельно. Некоторые страны добились большего успеха, часть остается в глубоком кризисе. Отсутствие интеграции в экономике отрицательно влияет на возможность поиска компромиссов в совместном использовании водных ресурсов Сырдарьи и Амударьи. В качестве успешных примеров сотрудничества по аналогичным вопросам можно привести ряд проектов между Канадой и США, странами ЕС, бассейна рек Меконг, Сенегал. История развития процесса водных отношений между странами региона показывает, что пока не будет разработан экономический механизм, их эффективность будет на нежелательно низком уровне.

**Несовпадение приоритетов.** Страны региона имеют разный приоритет в использовании водных ресурсов. В странах, расположенных в низовьях Амударьи и Сырдарьи, освоены миллионы гектаров земель, миллионы людей заняты сельским хозяйством, ежегодный доход этих стран от экспорта хлопка-волокна приближается к двум миллиардам долларов. Они обеспечены энергоносителями. Страны, территориально находящиеся в зоне формирования стока, имеют ограниченные земельные ресурсы, но обладают огромным гидроэнергетическим потенциалом. Это является основой различия приоритетов в использовании водных ресурсов: страны в низовьях рек стремятся сохранить статус-кво в использовании водных ресурсов в целях ирригации; в верховьях - стараются договориться о попутном использовании водных ресурсов для выработки электроэнергии для нужд экономики и населения, особенно в зимний период.

**Монокультура - водоемкий хлопчатник.** Хлопчатник все еще остается главной водопотребляющей сельскохозяйственной культурой стран бассейнов Амударьи и Сырдарьи. Хотя страны постепенно диверсифицируют состав сельскохозяйственных культур, в зависимости от требований рынка и приоритетов продовольственной безопасности, хлопчатник все еще занимает значительные площади на орошаемых землях. Мировой опыт показывает, что монокультура пагубна для экономики и отрицательно влияет на продовольственную и национальную безопасность государства. Сокращение площадей хлопчатника до рациональных пределов, или его замена на менее водоемкие сельскохозяйственных культуры, имеющие спрос на рынке, решили бы многие экологические проблемы стран низовьев рек Амударьи и Сырдарьи и существенно смягчили хронический дефицит водных ресурсов в регионе.

**Высыхание Аральского моря.** Хотя на нужды Аральского моря страны региона выделяют за счет своих лимитов ежегодно до 12 км<sup>3</sup> воды, никто не ожидает восстановления моря до прежних объемов. В дельте Амударьи, выделенный объем воды в первую очередь используется для нужд орошаемого земледелия и потом ветландов в Приаралье. В многоводные годы излишки воды направляются в Южное Аральское море. После строительства дамбы между Северным и Южным Аральским морем, Северное восстанавливается. Но это усугубляет проблему сохранения Южного Аральского моря даже в существующих размерах. Ситуация вокруг Южного Аральского моря еще больше ус-

ложнится после завершения строительства Золотого озера в Туркменистане и Коксарайского водохранилища в Казахстане.

**Изменение климата.** В ряде экстремальных факторов потепление климата на ближайшие десятилетия займет последнее место. Даже если ситуация с потеплением будет развиваться по положительной параболической кривой, до критического неуправляемого состояния этот процесс будет идти в последующие 40-50 лет. Ущербное для орошаемого земледелия изменение гидрографов Амударьи и Сырдарьи можно регулировать совместным строительством водохранилищ в верховьях названных рек. Например, только в бассейне трансграничной реки Колумбия, США и Канада построили около 60 малых и больших водохранилищ и уже десятилетия совместно получают выгоды от полностью зарегулированной реки. Строительство водохранилищ на верховьях рек Сырдарьи и Амударьи имеет значительные преимущества: многократно меньшие площади будут заняты под водохранилища, нежели в низовьях этих рек; относительно невысокие потери на фильтрацию и испарение; низкие стоимости строительства; командование водохранилища над большей площадью орошения; возможность выработки большого количества электроэнергии и летом и зимой; полное снижение рисков наводнений и значительное сокращение отрицательного влияния засух, и т. д.

Рассмотренные выше экстремальные условия, в которых страны региона осуществляют совместное управление водными ресурсами, оказывают значительное отрицательное влияние на экономику, сдерживают развитие и интеграцию стран региона. Одно только признание существования этих факторов и понимание необходимости их преодоления могут подсказать ряд решений. Авторами подсчитано, что только из-за отсутствия сотрудничества по водно-энергетическим вопросам страны бассейнов рек Амударья и Сырдарья ежегодно теряют более 500 млн. долл. США. На нынешнем уровне развития отношений между странами региона с учетом рассмотренных факторов, предлагаются следующие мероприятия по совершенствованию системы регионального управления водными ресурсами:

1. Разработка среднесрочной и долгосрочной региональной стратегии межгосударственного использования водно-энергетических ресурсов.
2. Реформа региональных институтов управления водными ресурсами с учетом интересов стран на основе международного права и принципов справедливого и разумного использования воды. Реформирование Международного Фонда спасения Арала и Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии в Бассейновые Комиссии рек Амударья и Сырдарья.
3. Разработка механизма взаимоувязки водного сотрудничества с экономической интеграцией стран региона на основе соблюдения суверенитета и взаимного уважения.
4. Разработка экономического механизма совместного использования водно-энергетических ресурсов.
5. Введение платы за водоподачу во всех странах региона.

6. Полный переход на бассейновый (гидрографический) принцип и интегрированное управление водными ресурсами.
7. Совместное строительство и использование водохранилищ с ГЭС в верховьях Амударьи и Сырдарьи.
8. Восстановление ирригационной инфраструктуры для повышения КПД систем и снижения потерь воды на межхозяйственных оросительных системах.
9. Создание мощностей по выпуску поливной техники для реализации водосберегающих технологий орошения – приблизительно на каждый миллион гектаров один завод по выпуску оборудования для капельного орошения, дождевания и микродождевания.
10. Пересмотр состава севооборотов в пользу маловодоемких сельскохозяйственных культур.
11. Создание прозрачной системы мониторинга забора воды из источников, сброса возвратных вод и загрязнения трансграничных рек.
12. Создание прозрачной и контролируемой всеми странами региона базы данных и информационной системы использования и охраны трансграничных вод в бассейнах рек Амударья и Сырдарья.

УДК 528.94:55

## **РОЛЬ МОРФОЛОГИИ СКЛОНОВ В ФОРМИРОВАНИИ СОВРЕМЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский, Т.А. Ильина, Е.Н. Гетьман**  
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В условиях современного освоения склонов, их техногенно обусловленное состояние определяет как эродированность, так и загрязненность, а также транзит и аккумуляцию загрязнителей в пределах склонов и водных объектов. Одной из важнейших задач эрозионных исследований является оценка эрозионной опасности земель. Эрозионно-опасными считаем такие земли, где сочетания природных условий (климат, рельеф, почвы, подстилающие породы, осадки, хозяйственная деятельность) создают возможность проявления эрозии почв при их сельскохозяйственном использовании. Наибольшее распространение в мире получила водная и ветровая эрозия почв, на долю которых приходится соответственно 56% и 28% деградированных почв, третье место занимает химическая деградация (загрязнение) почв – 12% [2].

При отсутствии экспериментальных данных о смыве почвы по типам рельефа следует использовать морфометрические показатели рельефа в количественном выражении [6]. Для этого составляются шкалы бальной оценки каждого показателя. Степень проявления эрозии определяется по следующим 6 группам: 1 – очень слабая, 2 – слабая, 3 – умеренная, 4 – значительная, 5 – сильная и 6 – катастрофическая (табл. 1). При «ступенчатом» склоне, на котором чередуются пологие и крутые участки, возможность эрозии резко умень-

шается, т.к. террасы замедляют или приостанавливают стекание воды. Потенциальная опасность развития эрозии почв, прежде всего, определяется крутизной и длиной склонов. Для условий орошения (табл. 2) разработаны градации интенсивности эрозионных процессов в зависимости от уклона и коэффициента горизонтального расчленения [4].

Таблица 1 – Бальная оценка морфометрических показателей рельефа [6]

Категория уклонов поверхности, град.	Коэффициент горизонтального расчленения, км/км <sup>2</sup>	Глубина местных базисов эрозии, м	Балл	Интенсивность эрозионных процессов
0...1	0,0...0,5	0...15	1	очень слабая
1...3	0,6...1,0	15...50	2	слабая
3...8	1,1...1,5	50...100	3	умеренная
8...15	1,6...2,0	100...200	4	значительная
15...30	2,1...2,5	200...600	5	сильная
более 30	более 2,5	более 600	6	катастрофическая

Таблица 2 - Интенсивность эрозионного процесса в зависимости от уклона коэффициента горизонтального расчленения\*

Уклон поверхности земли	Коэффициент горизонтального расчленения	Интенсивность эрозионного процесса
0...0,02	0...0,5	Очень слабая
0,02 0,05	0,6...1	Слабая
0,05 0,08	1,1...1,2	Умеренная
0,09...0,1	1,3...1,5	Значительная
более 1	> 1,6	Сильная

\*) Коэффициент горизонтального расчленения поверхности – отношение длины горизонтали к прямой, соединяющей ее концы

Многообразие и сложность почвенного покрова, его особое место в природе и агропромышленном комплексе требует комплексной агроэкологической оценки и группировки для обоснования рационального использования земель. Для этих целей используются:

- 1) данные мониторинга земель, базирующиеся на результатах последних землеустроительных, почвенных, геоботанических, гидрологических, агрохимических, эрозионных, фитосанитарных и других обследований и изысканий;
- 2) данные о размещении на этих землях сельскохозяйственных культур;
- 3) продуктивность земель за последние 3 - 5 лет.

При группировке земель необходимо соблюдать два принципа: множество почвенных разновидностей должно быть сведено к минимальному числу внутренне однородных групп; эти группы должны иметь существенные агро-

экологические различия. Для условий малых рек – верхних звеньев бассейнов средних и крупных рек, где пойменные территории развиты локально или отсутствуют и преобладают эрозионные процессы, была разработана агроэкологическая оценка и проведена группировка земель [3]. Для условий малых рек бассейна средней и верхней Оки выделены четыре категории земель, близких по рельефным, почвенно-эрозионным, гидрогеологическим и агротехническим условиям, а также по потребности в проведении мелиоративных работ (табл. 3). Водосборы малых рек бассейна средней и верхней Оки по большинству параметров являются типичными лесоаграрными ландшафтами центральной части Русской равнины.

Таблица 3 – Агроэкологическая оценка земель бассейна р. Любожихи

Категория земель	Крутизна склонов, град.	Тип смытости почв, земли	Средний многолетний смыв со склонов пахотных земель, м <sup>3</sup> /га * год	
			<i>Южные и западные</i>	<i>Северные и восточные</i>
1	< 3	Несмытые	2,0 - 10,0...13,0	3,0 - 5,0... 8,0
2	3 – 5	Средне- и сильносмытые	25,0 – 26,0	12,0 – 13,0
3	5 - 8	Сильносмытые	> 26,0	> 13,0
4	> 8 - 10	Долинно-балочные и овражные земли	Нет пашни	Нет пашни

Механизм переноса загрязнителей и самоочищения определяется морфометрическими и гидрологическими характеристиками и гидрохимическим режимом водоема, видами техногенного воздействия. Особая роль в процессах самоочищения рек принадлежит пойменным территориям. Пойма реки делится на три части: *приустьевую* – наиболее возвышенную и расчлененную, *центральную* – более протяженную, занимающую среднюю часть и *притеррасную* – наиболее заниженную и заболоченную часть с наличием стариц и озёр. Строение определяет высокую сложность структуры их почвенного покрова. В системе экологического мониторинга речного бассейна учет роли пойменных территорий – необходимое составное звено, которое позволит более рационально вести сельскохозяйственное использование пойм. Учет состоит в следующей последовательности операций:

- ✓ анализ площадного развития морфоэлементов поймы;
- ✓ анализ почвенно-растительного покрова пойм;
- ✓ анализ использования пойменных земель;
- ✓ анализ гидрологического режима пойменных территорий;
- ✓ анализ загрязненности пойменных почв.

При мониторинге возникает необходимость выделения эталонных бассейнов рек, более глубокого изучения формирования их экосистем, гидробио-

логического режима, определения продуктивности земель [7]. Существуют различные подходы к типизации рек на основе учета закономерного изменения гидробиологических характеристик по течению реки и ландшафтных особенностей водосборных бассейнов рек.

Реакция экосистем любого ранга зависит от того, в какой мере экологическое состояние окружающей среды адекватно условиям ее гомеостаза, под которым понимается относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней структуры экосистемы и ее устойчивость по отношению к внешним воздействиям. Гомеостаз предполагает сохранение устойчивости экосистемы в условиях воздействия ряда факторов. При этом воздействие каждого фактора или их совокупности может быть оценено как минимальное, когда оно не вызывает реакции (возмущения) экосистемы, и максимальное, последствиями которого может быть деградация экосистемы в целом или даже ее гибель и переход по сути в новую экосистему. Диапазон между минимальным и максимальным уровнем воздействия факторов представляет собой «предел толерантности» экосистемы, т.е. тот диапазон изменения уровня воздействия, в пределах которого система способна за счет своих адаптационных возможностей противостоять изменяющему ее внутреннее состояние воздействию.

По мнению авторов [8] оптимальной на современном этапе является четырехгранная оценочная структура, разработанная для экосистем [1]. Каждому интервалу, характеризующему реакцию живых организмов или экосистемы, должен соответствовать некоторый интервал, определяющий в заданных пределах изменение уровня внешнего воздействия. В этой же четырехгранной схеме его целесообразно градуировать в виде ряда воздействий: «слабое – умеренное – сильное – опасное». В общем виде изложенный подход отражен в таблице 4.

Нарушение равновесия эрозионно-аккумулятивных процессов на территории бассейна вызывает изменения существующего баланса, которые проявляются в накоплении в водной системе органического и минерального вещества, в увеличении темпов осадконакопления и оказывают прямое влияние на состав донных отложений. Пики интенсивности седиментации сопровождаются пиками развития фитопланктонных сообществ и хорошо коррелируют с эрозионным поступлением органических и минеральных веществ [5]. При другом соотношении внешних факторов воздействие может иметь улучшающий характер. Это особенно характерно для техногенно нагруженных территорий, когда эрозионный сток «разбавляет» загрязненные наносы, поступающие с сопредельных, как правило, высоко урбанизированных земель.

Влияние пойменных земель на состояние водных объектов также двояко. С одной стороны, хорошо развитые пойменные земли являются улучшающим фактором. Осаждая большинство взвешенных частиц в период половодья, они способствуют улучшению экологической обстановки ниже по течению, т.е. снижают результирующую техногенного воздействия. Такие примеры многочисленны, и в этом главная экологическая роль пойм водных объектов. В то же время, интенсивное сельскохозяйственное использование пойменных земель

нередко приводит к ухудшению экологической ситуации нижележащих водных экосистем. Это, прежде всего, характерно для сельскохозяйственных территорий, где влияние промышленных сточных и коммунальных вод весьма значительно.

Таблица 4 – Принципиальная схема взаимоувязанной оценки состояния окружающей среды, биоты и экосистемы по [8] с изменениями и дополнениями

Оцениваемые параметры системы, воздействия, условия и состояние	Категории (уровни)			
	I	II	III	IV
<b>Экосистема</b>	<b>Экологическая норма</b>	<b>Экологический риск</b>	<b>Экологический кризис</b>	<b>Экологическое бедствие</b>
Литосфера и ее компоненты	удовлетворительное состояние	условно удовлетворительное состояние	Неудовлетворительное состояние	катастрофическое состояние
<b>Ресурсное Воздействие:</b>	слабое	умеренное	сильное	опасное
геодинамическое воздействие;	слабое	умеренное	сильное	опасное
геохимическое воздействие, в т.ч.: загрязнение донных отложений;	слабое	умеренное	сильное	опасное
геофизическое воздействие	слабое	умеренное	сильное	чрезмерное
<b>Условия жизнедеятельности человека</b>	комфортные	дискомфортные	сильно дискомфортные	опасные
<b>Состояние здоровья человека</b>	здоровое	напряжение	утомление	болезнь
<b>Количество территориального ресурса</b>	высокое	среднее (повышенное)	пониженное	низкое
<b>Условия гомеостаза экосистемы</b>	не вызывает реакции (возмущения) экосистемы	«предел толерантности» экосистемы		разрушение, гибель экосистемы

## Заключение

В бассейнах с минимальным техногенным воздействием морфология склонов определяет транзит загрязнителей в пределах постоянных и временных водотоков, а в некоторых обстоятельствах и их аккумуляцию. В бассейнах, где ведется интенсивная хозяйственная деятельность, искусственно созданная морфология склонов может определять, как загрязнение в зонах аккумуляции, так и очищение в зонах смыва загрязнителей и их транзита.

### Список использованных источников

1. Виноградов Б.В., Орлов В.А., Снакин В.В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России // ИЛ РАН. Сер. 5. География, 1993, № 5, с. 77 - 79.
2. Керженцев А.С. Функциональная экология. – М.: Наука, 2006. – 259 с.
3. Киселева О.Е., Коломийцев Н.В. Противоэрозионное обустройство склоновых земель в бассейнах малых рек на основе ГИС-технологий // Природообустройство, 2010, № 1, с. 21 - 27.
4. Мелиорация и водное хозяйство. Том 6. Орошение: Справочник под редакцией Б.Б. Шумакова. – М.: Колос, 1990. – 445 с.
5. Мизандронцев И.Б. Химические процессы в донных отложениях водоемов. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1990. – 176 с.
6. Романова Э.П. Опыт мелиоративного картирования эрозионноопасных местностей зарубежных территорий / Оценка и картирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. – М.: МГУ, 1973. – с. 46 – 50.
7. Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы: литобзор / ГПНТБ СО РАН, серия экология. Вып. 64. – Новосибирск, 2002. – 114 с.
8. Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 432 с.

УДК 502/504: 556.18

## РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ РЕДАКТОРА ДЛЯ УЧЕТА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ВОДОСБОРАХ

**Е.В. Кравцова, Н.П. Карпенко**

ФГБНУ ВПО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия, г. Москва

При изучении вопросов взаимодействия поверхностных и подземных вод на водосборных бассейнах особое внимание заслуживает детальное изучение зоны сопряжения поверхностных и подземных вод (гипорейческих потоков) – дополнительной зоны, по которой происходит поступление речных вод в водоносные горизонты. Эта особая переходная зона, называемая зоной гипорейка, по которой внедряются речные воды в водоносные горизонты с последующей разгрузкой потоков снова в реку ниже по его течению [1]. В зарубежной и отечественной литературе в гидрологических и гидрогеологических исследованиях рассматриваются основные факторы, которые влияют на формирование гипорейческих потоков [2, 3].

Особенности зоны сопряжения потоков поверхностных и подземных вод связаны с характерными формами топографии ложа рек, с наличием излучин,

меандр рек и т.д. Зона гипорейка характеризуется особым биохимическим и температурным обменом между речными и подземными водами. Процессы, происходящие в зоне сопряжения поверхностных и подземных вод, являются весьма важными и требующими постоянного контроля и проведения мониторинга как основы планирования совместного использования водных ресурсов, в том числе и инфильтрационные водозаборы подземных вод.

Совместное нахождение поверхностных и подземных вод в верхней части земной коры определяет тесную взаимозависимость их балансов, отражающих изменение количественных и качественных составляющих.

В вопросе изучения взаимодействия подземных и поверхностных вод в глобальном цикле водообмена закономерной является взаимосвязь атмосферных процессов, поверхностных и подземных вод. Целесообразно баланс подземных вод рассматривать в границах симметричного потока, направленного от водораздела к дрене (рис.1).

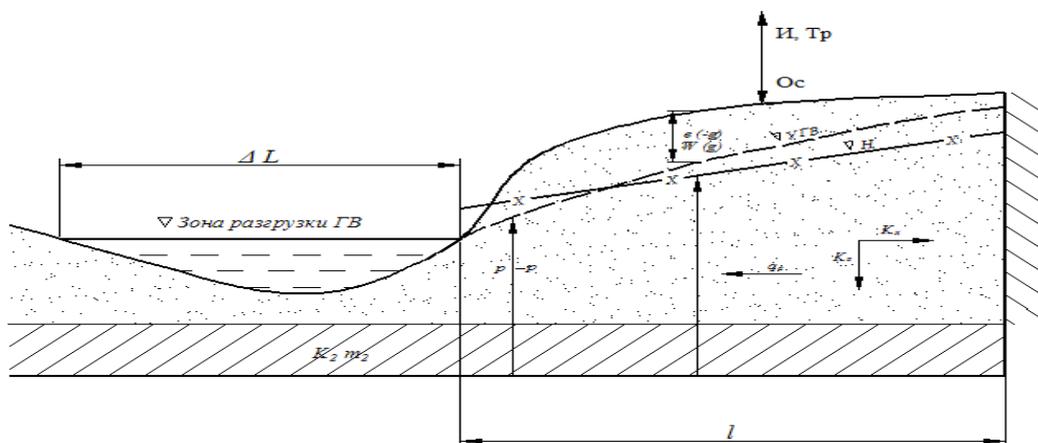


Рисунок 1 - Составляющие баланса и параметры потока подземных вод [4, 5].

$I, T_p$  – испарение, транспирация соответственно, мм;  $O_p$  – атмосферные осадки, мм;  $w(g), e(-g)$  – соответственно питание и испарение грунтовых вод, мм;  $p, -p$  – составляющая взаимосвязи грунтовых и напорных вод (питание и разгрузка);  $q_e$  – естественный приток грунтовых вод (динамические запасы), мм;  $\Delta L$  – дополнительное фильтрационное сопротивление в зоне разгрузки грунтовых вод, м;  $K_x, K_z$  – горизонтальная и вертикальная составляющие водопроницаемости водоносных фильтрационно-анизотропных горных пород, коэффициенты фильтрации, м/сут;  $K_2, m_2$  – коэффициент фильтрации (м/сут) и мощность (м) относительного водоупора между грунтовым и напорным потоками подземных вод, со свободной и пьезометрической поверхностями соответственно;  $l$  – длина потока грунтовых вод, м

При анализе взаимодействия поверхностных и подземных вод большое значение имеет сопротивление в зоне их контакта ( $\Delta L$ ), прямо пропорциональное потерям напора в пределах зоны кольматации - “дополнительный слой” [6].

Величину сопротивления принято выражать в метрах эквивалентной дополнительной длины потока, полученной расчетным путем или графическим построением. Формулы для расчета этого параметра и условия их применения приведены в таблице 1.

Таблица 1- Аналитические способы определения сопротивления дрен [4, 5,6].

Расчетная схема	Строение пласта	Расчетная формула $\Delta L$
Водоем или водоток шириной $2b_r$	Однородно-анизотропный	$\Delta L_1 \approx 0.5am_d$ , $a = \sqrt{\frac{k_x}{k_z}}$ (1)
	Двухслойный	$\Delta L_0 = \Delta L_2 \operatorname{cth}\left(\frac{2b_r}{\Delta L_2}\right)$ , $\Delta L_2 = \sqrt{\frac{k_2 m_2 m_{1d}}{k_1}}$ (2)
Береговая дрена	Однородно-анизотропный	$L_{bd} = \frac{1}{1 + \frac{L_{nd}}{x_d + \Delta L}}$ , $L_{nd} = 1.47am_d \lg \frac{1}{\sin \frac{\pi d}{2am_d}}$ (3)

Вопросы взаимосвязи поверхностных и подземных вод тесным образом связаны с экологическими особенностями и динамикой загрязнения подземных вод в зоне гипорейка. Защищенность подземных вод от загрязнения определяется наличием слабоводопроницаемых отложений, препятствующих проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли в водоносные системы.

К основным природным факторам относятся наличие в разрезе слабоводопроницаемых отложений; глубина залегания подземных вод; состав, фильтрационные и сорбционные свойства перекрывающих пород; соотношение уровней исследуемого горизонта и вышележащего (верховодки). Группа факторов, контролирующих загрязнение подземных вод, включает такие свойства загрязнителей, как их миграционная способность, плотность, сорбируемость, химическая консервативность или время распада (разложения), взаимодействие загрязняющих веществ с горными породами и подземными водами.

Интенсивная эксплуатация подземных водоносных горизонтов привела к сильному нарушению естественных условий взаимосвязи поверхностных и подземных вод, что повлекло за собой образование крупных депрессионных воронок (глубиной до нескольких десятков метров) и уменьшение водоносности рек, особенно в меженный период.

Для учета экологических особенностей взаимосвязи поверхностных и подземных вод была разработана электронная модель редактора подземных водозаборов (ЭМРПВ) для решения комплекса задач при проектировании подземных водозаборов на водосборах. Идея разработки состоит в том, чтобы создать электронную оболочку, где формируется информационная база и расчетные модули для решения цикла задач, связанных с проектным обоснованием подземных водозаборов, разработкой систем восполнения запасов подземных вод и систем совместного использования поверхностных и подземных водных ресурсов и т.д.

В основу редактора положена одна из наиболее значимых водохозяйственных проблем – использования подземных вод. Подземные воды являются необходимым стратегическим ресурсом, сохранение количества и качества которых в значительной степени определяет водообеспеченность бассейнов и регионов для питьевого назначения. При проектном обосновании подземных во-

дозаборов решаются задачи, требующие помимо детальных расчетов с помощью специальных гидродинамических моделей, оперативной экспертной оценки. Такая оценка может быть сделана на основе аналитических методов и соответствующих имитационных моделей.

При разработке электронного редактора использовалась среда *Excel* и в дальнейшем будет использовано приложение *VISUAL BASIC*. Перечень решаемых задач постепенно будет расширяться, а методика решения и сервис оболочки в дальнейшем будет уточняться и совершенствоваться. В числе задач, вносимых в перечень редактора на данный момент, предусмотрены следующие задачи: оценка качества воды; оценка солевого режима грунтовых вод при орошении; расчет инфильтрационного водозабора; оценка изменения качества поверхностных и подземных вод в зоне контакта; расчет параметров инфильтрационного цикла при пополнении подземных вод и механической кольматации загрузки. Соответственно в каждой задаче сформирован свой набор подзадач.

Структурная схема редактора выглядит следующим образом (рис. 2).

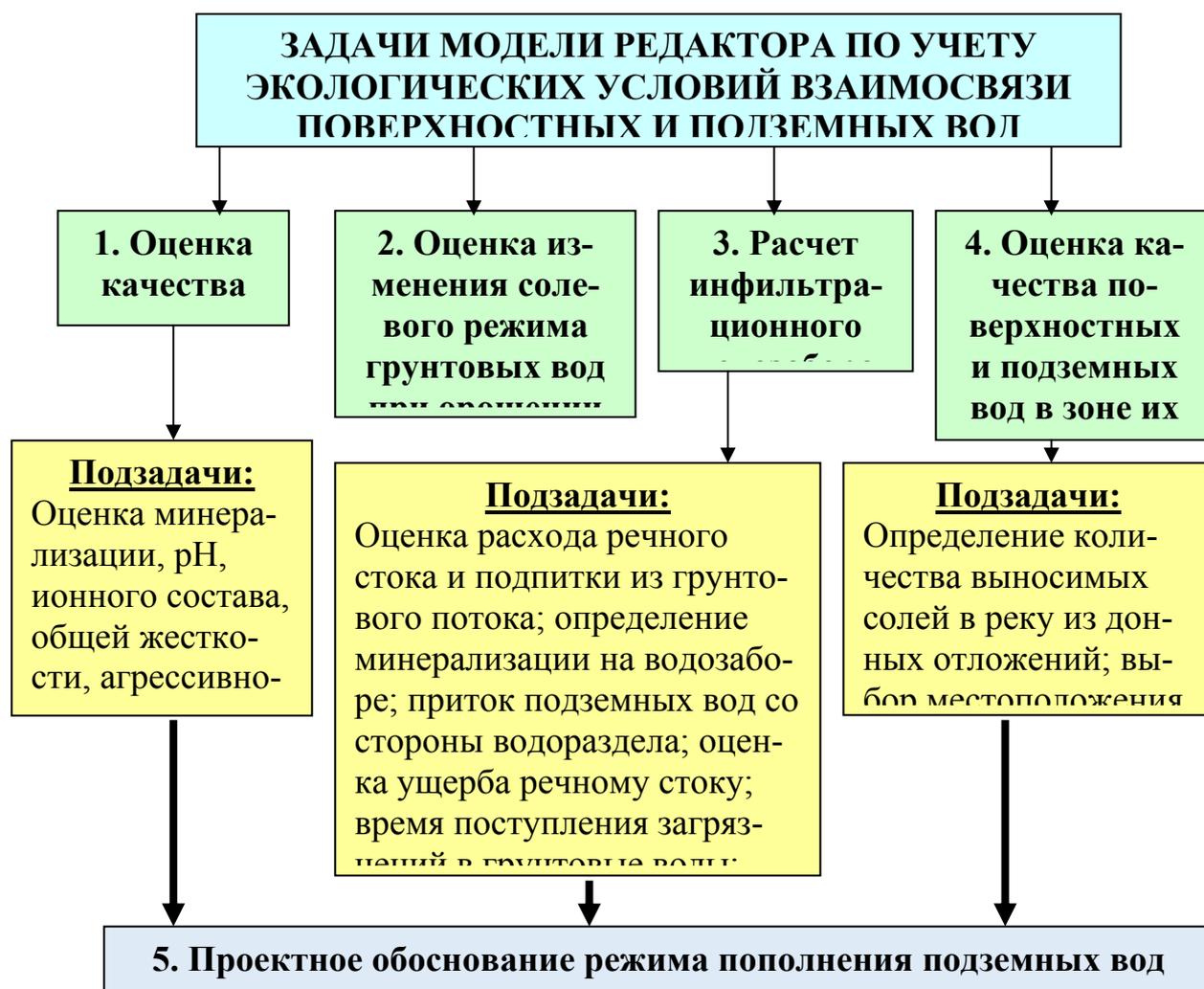


Рисунок 2 - Структура электронной модели редактора подземного водозабора

Перечень задач, вносимых в ЭМРПВ, может меняться и редактироваться в зависимости от гидрогеологической ситуации и поставленных целей на рассматриваемом объекте.

Основными задачами и подзадачами модели редактора по учету экологических особенностей взаимосвязи поверхностных и подземных вод являются:

**Задача 1.** *Оценка качества воды.* Решаемые подзадачи: оценка подземных вод по: общей минерализации; величине общей жесткости; ионному составу; агрессивности в отношении бетона и железа; по водородному показателю.

**Задача 2.** *Оценка изменения солевого режима грунтовых вод при орошении.*

**Задача 3.** *Расчёт инфильтрационного водозабора с оценкой качества воды.* Решаемые подзадачи: оценка расхода речного стока и подпитки из грунтового потока; определение минерализации на водозаборе; приток подземных вод со стороны водораздела; оценка ущерба речному стоку; время поступления загрязнений в грунтовые воды; концентрация удобрений в грунтовом потоке и на водозаборе.

**Задача 4.** *Оценка качества поверхностных и подземных вод в зоне их контакта.* Решаемые подзадачи: определение количества выносимых солей в реку из донных отложений за 365 суток (кг на 1 п.м. береговой линии); выбор местоположения насосной станции.

Примером такой модели может служить разработанный с использованием средств Excel программный алгоритм расчета инфильтрационного водозабора с оценкой качества воды, где проанализирован состав исходной информации, предполагаемый принятой методикой, обоснованы и отработаны этапы решения в следующей последовательности: оценка расхода речного стока и подпитки из потока подземных вод, определение минерализации на водозаборе, приток подземных вод со стороны водораздела, оценка ущерба речному стоку, время поступления загрязнений в грунтовые воды, концентрация загрязняющих веществ в грунтовом потоке и на водозаборе, радиусы зон санитарной охраны.

Данный редактор будет полезен как студентам, изучающим вопросы совместного использования поверхностных и подземных вод, расчета подземных водозаборов, так и специалистам – гидрологам и гидрогеологам для получения оперативных результатов при решении указанных задач и подзадач. Исходными данными для редактора являются: информационные ресурсы, данные режимных наблюдений, экологического мониторинга, собственные материалы, научные публикации, архивные материалы и т.д., которые используются для решения требуемых видов задач в составе проектного обоснования подземных водозаборов.

Экологические особенности взаимодействия поверхностных и подземных вод связаны и с изменением гидрохимического режима в зоне их контакта. При этом качественный скачок изменения водообмена поверхностных и подземных вод происходит в гипорейческих потоках, для изучения которых необходимо ведение геоэкологического мониторинга. Выполненные исследования являются первым этапом разработки редактора (электронной оболочки) водохозяйствен-

ных задач, возникающих в процессе проектного обоснования водозаборов подземных вод в пределах водосборных бассейнов.

#### **Список использованных источников**

1. Шестаков В. М., Невечеря И. К., Авилина И. В. Методика оценки ресурсов подземных вод на участках береговых водозаборов – М.: Изд-во Книжный дом «Университет», 2009. – 192 с.
2. Fraser B. G., D.D. Williams, K.W.F. Howard Monitoring biotic and abiotic processes across the hyporheic/groundwater interface/ Hydrogeology Journal, v.4, no 2, 1996. P. 36-50.
3. Gounot A. M. Microbial Ecology of Groundwaters / Groundwater Ecology, Edited by Janine Gibert, 7. ACADEMIC PRESS, 1994. P. 187-215.
4. Жабин В.Ф., Карпенко Н.П., Ломакин И.М. Формирование гетерогенной среды и регулирование режима грунтовых вод в задачах природообустройства. Монография. – М.: МГУП, 2013, 208 с.
5. Жабин В.Ф., Козлов Д.В., Раткович Л.Д., Фризен Е.В. Экологические особенности совместного использования поверхностных и подземных вод. – Природообустройство, 2011, № 5, с.56-63.
6. Шестаков В. М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. – М.: Изд-во МГУ, 1965. – 233 с.

УДК 631.62:628.35

### **ПРЕДЛОЖЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СПРАВОЧНИКОВ НДТ ПО ОЧИСТКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД**

**Е.А. Лентяева**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В настоящее время сельскохозяйственная отрасль производства характеризуется высоким уровнем использования свежей воды. По данным статистики Федерального агентства водных ресурсов «Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2011 году» [1] сельскохозяйственной отраслью было использовано 9400,6 млн. м<sup>3</sup> свежей воды, сбросы составляют 3829,1 млн. м<sup>3</sup>. Основным водопользователем является орошаемое земледелие, на нужды которого было использовано 7838,21 млн. м<sup>3</sup>, что составляет около 80% [1]. В последние годы наблюдается тенденция по снижению объема водопотребления на нужды орошения и по сравнению с 1993 годом он уменьшился почти в два раза (рис. 1).

Однако зачастую это объясняется не переходом на новый уровень водопользования, в основе которого лежат рациональное водопользование и водосберегающие технологии, а сокращением орошаемых площадей. По данным Минсельхоза России за 1991-2012 годы площадь мелиорированных земель сократилась с 11,3 до 9 млн. га, в том числе орошаемых – с 6,16 до 4,25 млн. га [2]. Поскольку мелиоративная отрасль в сельском хозяйстве характеризуется как наиболее водоемкая, то разработка мелиоративных технологий, приводящих к снижению водопотребления и сбросов коллекторно-дренажных вод является важной проблемой, требующей постоянного внимания.

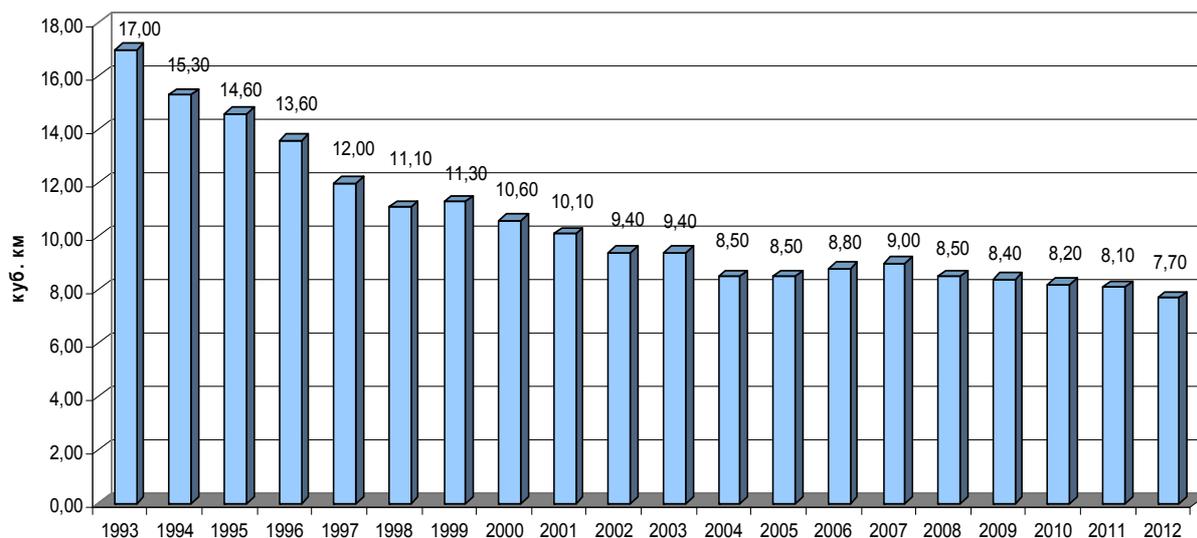


Рисунок 1- Динамика использования свежей воды на нужды орошения в Российской Федерации (по данным Росстата)

Еще одним из основных вопросов функционирования комплекса АПК являются охрана окружающей среды и снижение степени антропогенного воздействия на водные объекты. Сельское хозяйство является как локальным, так и диффузионным источником загрязнения водных объектов. Динамика сброса основных загрязняющих веществ в составе сточных вод сельскохозяйственной отрасли, по данным Росстата, показана на рисунке 2.

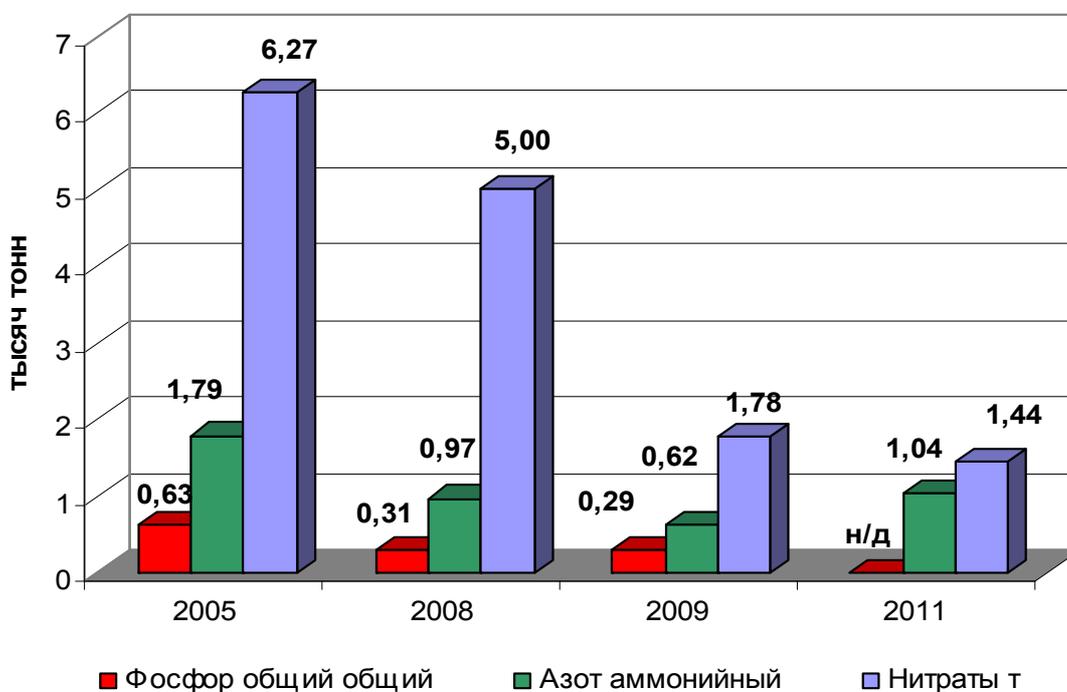


Рисунок 2 - Динамика сброса основных загрязняющих веществ в составе сточных вод от сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства

Приведенные данные подтверждают, необходимость мероприятий по улучшению экологического и химического состояния поверхностных водных объектов, а также применения эффективных методов снижения антропогенной нагрузки для предупреждения ущербов окружающей среде.

Выбор экологически безопасной технологии и технических средств полива с учетом объективной необходимости экономии оросительной воды в последние годы приобрел первостепенное значение и в мировой практике орошаемого земледелия. Ведущие страны мира отдают все большее предпочтение при орошении сельскохозяйственных культур таким способам, которые позволяют регулировать водоподачу в соответствии с водопотреблением растений. К этим способам относятся все виды малообъемного орошения. Они обеспечивают поддержание в почве оптимального водно-воздушного режима при отсутствии поверхностного и глубинного сбросов.

Анализ зарубежной практики показал высокую эффективность использования концепции наилучших доступных технологий, предложенной в Директиве Советам Европейского Союза 96/61/ЕС «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений» для предотвращения и улучшения качества воды в речных бассейнах. Директивой предусмотрено применение механизма расчёта показателей воздействия на окружающую среду с использованием "наилучших доступных технологий (НДТ)" при выдаче комплексных разрешений.

Для выполнения этой цели в составе комиссии создано Европейское бюро по интегрированному контролю и предотвращению загрязнений (European IPPC Bureau), которое непосредственно организует данный обмен информацией и выпускает перечни наилучших доступных технологий (BAT reference documents - BREFs), которые государства-члены должны принимать во внимание. Результатом работы рабочих групп бюро является набор отраслевых справочников, в которых изложены все аспекты, касающиеся воздействия отдельных отраслей на окружающую среду. Справочники НДТ (B R E F s) являются основой при выборе технологий для субъектов хозяйственной деятельности, а также при выдаче комплексных разрешений допустимого воздействия на окружающую среду для уполномоченных природоохозяйственных органов. Предприниматель вправе выбрать любую технологию по своему усмотрению, даже ту, которой нет в справочнике НДТ, но при этом он обязан соблюдать установленные комплексным разрешением требования.

Использование концепции НДТ, направленной на комплексное предупреждение и снижение загрязнений окружающей среды в процессе эксплуатации гидромелиоративных систем (ГМС) представляется перспективным направлением и в нашей стране. Однако в Российской Федерации в настоящее время отсутствуют справочные документы по наилучшим доступным технологиям в области сельскохозяйственного производства, в том числе и в мелиоративной отрасли. Разработка справочника по мелиоративным технологиям позволит обосновать выбор ресурсосберегающих технологий орошения, очистки и использования дренажно-сбросных вод с ГМС, от решения которых зависит как экономическая эффективность производства, так и уровень негативного

воздействия орошения на окружающую среду.

На сегодняшний момент разработан ГОСТ Р 54097-2010 "Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение." Согласно приведенной схеме и ГОСТ 54097-2010 ниже приводится описание технологии повторного использования дренажно-сбросных вод (ДСВ) для орошения, которая предлагается для внесения в справочники НДТ. При выборе наилучшей доступной технологии водопользования особую актуальность приобретают вопросы снижения водозабора для нужд орошаемого земледелия, снижения объемов дренажно-сбросных вод и улучшения их качества. Это достигается совершенствованием техники и технологии поливов, играющих важнейшую роль в рациональном использовании водных ресурсов.

Предложенная технология позволит обеспечить:

- снижение водозабора в оросительную систему;
- улучшение качества и снижение сбросов дренажно-сбросных вод с оросительных систем;
- почвозащитные технологии орошаемого земледелия;
- общее снижение неблагоприятного воздействия на окружающую среду.

Одним из вариантов рационального использования водных ресурсов является их повторное использование. При создании технологической схемы повторного использования ДСВ должен учитываться ряд особенностей для каждого конкретного объекта: условия формирования стока; рельефные условия; способы и техника полива; качественные показатели ДСВ; назначение объектов для повторного использования с учетом перспектив их развития; способы утилизации побочных продуктов и ряд других технологических и эксплуатационных особенностей.

В качестве водосберегающей технологии предлагается накопление ДСВ в специальных емкостях с целью дальнейшего их использования на орошение и другие цели. Данное сооружение обеспечивает минимальный уровень капитальных и эксплуатационных затрат, благодаря простой конструкции и долговечности используемых материалов, удобство и надежность в эксплуатации благодаря автоматической работе (рис.3).

На современном этапе определяются направления экологического и рационального использования водных ресурсов, позволяющие снизить уровень потребления свежей воды: эффективное использование водных ресурсов; развитие оборотного водопользования; разработка новых технологических процессов, позволяющих предотвратить загрязнение водоемов. Предлагаемая технология позволяет рассматривать вопросы водосбережения по всем указанным направлениям.

Принципиальная схема компоновки на гидромелиоративной системе сооружения для накопления и очистки дренажно-сбросных вод показана на рисунке 3.

Пруд-накопитель - трапецеидального сечения, с заложением откосов из условия устойчивости. Глубина пруда принимается из условия производства работ, обеспечения действующего напора и мертвого объема, который опреде-

ляется из санитарно-гигиенических требований - 3,5 м. Запас над расчетным горизонтом воды в пруду устанавливается от 0,2 до 0,5 м в зависимости от колебаний уровней воды и эксплуатационных условий. Для предотвращения фильтрации по дну и периметру устраивается гидроизоляция водоема из бутилкаучуковой мембраны или аналогового материала.

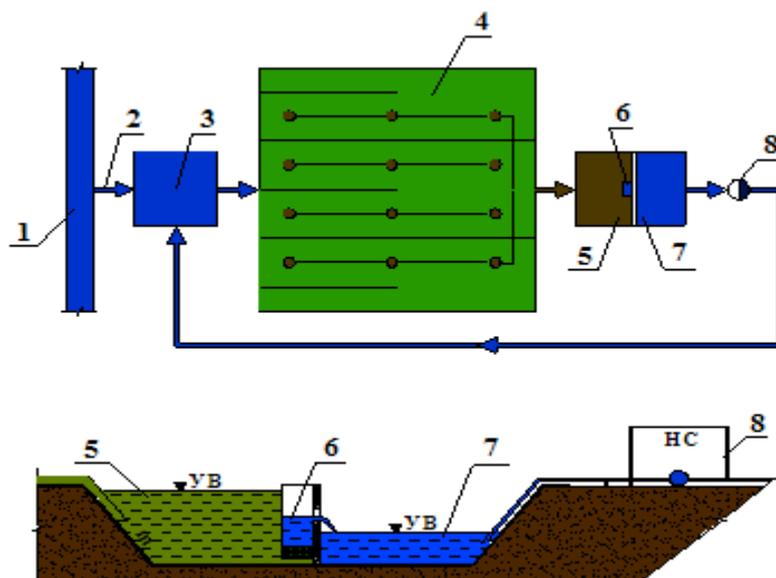


Рисунок 3 - Схема компоновки сооружения для накопления и внутрисистемного использования дренажно-сбросных вод на гидромелиоративной системе:

1 – магистральный канал; 2 – хозяйственная сеть; 3 – регулирующий внутрисистемный водоем; 4 – поле с дренажной системой; 5 – водоем для аккумуляции дренажных вод; 6 – локальное очистное сооружение; 7 – аккумулялирующий водоем для смешивания ДСВ; 8 – насосная станция

Для определения габаритов пруда-накопителя необходимо знать объем дренажного стока за предполагаемый цикл регулирования  $W_{д.ст.}$ :

$$W'_{д.ст.} = 86,4 q_{д.ст.} \cdot F_{ор} \cdot T, \quad (1)$$

где  $W'_{д.ст.}$  – суммарный объем дренажно-сточных вод за цикл регулирования,  $м^3$ ;  $q_{д.ст.}$  – модуль дренажного стока, л/с га;  $F_{ор}$  – площадь, обслуживаемая узлом по очистке дренажного стока, га;  $T$  – продолжительность расчетного цикла регулирования, сут.

$$W_{д.ст.} = W'_{д.ст.} - W_{исп.}, \quad (2)$$

где  $W_{исп.}$  – объем воды теряемый на испарение, учитывается в зависимости от типа регулирования,  $м^3$ .

При повышенной минерализации стока следует предусмотреть дополнительный объем воды, необходимый для разбавления:

$$W_{разб.} = W_{д.ст.} \cdot K_{разб.}, \quad (3)$$

где  $K_{разб.}$  – коэффициент, учитывающий максимально требуемую кратность разбавления по загрязняющим веществам в ДСВ.

Тогда: 
$$W_{д.ст.} = W'_{д.ст.} - W_{исп.} + W_{разб.}, \quad (4)$$

Для определения ширины пруда по дну  $a$  рекомендуется предварительно задаться длиной водоема в плане  $L$ :

$$a = \frac{W_{\text{д.ст}}}{hL} - \frac{h}{2m} \quad (5)$$

где:  $L$  – длина пруда в плане, м;  $h$  – глубина пруда  $h=h_{\text{раб}}+h_{\text{м.о}}$ , м;  
 $h_{\text{раб}}$  – величина сработки пруда, м;  $h_{\text{м.о}}$  – глубина воды при мертвом объеме (учитывается в зависимости от эксплуатационных условий);  $m$  – заложение откосов пруда.

Дренажно-сбросные воды из пруда-накопителя поступают в локальное очистное сооружение, представляющее собой резервуар прямоугольной формы с размерами в плане 1,0 м x 2,0 м, заполненный фильтратом.

Действие сооружения основано на применении метода сорбционной очистки воды. В качестве загрузки выбирается сорбент для конкретного типа воды, имеющий наибольшую поглощающую способность по преобладающим загрязнителям (табл. 1).

Таблица 1 – Емкостные характеристики сорбентов для различных загрязнителей [3]

Загрязнитель	ОК	НП	ПАВ	Zn	Cu	Pb
Сапропель	0,18/90	0,12/73	0,44/88	2,25/85	0,87/95	0,70/89
СОРБЕКС	0,16/80	0,03/19	0,47/95	2,58/98	0,85/92	0,74/94
САПРОЛЕН	0,11/45	0,02/52	0,29/58	-/91	-/87	-/87
Сапропель-Актив	0,05/27	0,25/96	0,49/98	1,25/97	0,43/95	0,35/97

Примечание: В числителе (СОЕ) – статическая емкостная характеристика, мг/г; в знаменателе (Е) – емкость поглощения, %

#### Расчет локального очистного сооружения (рис. 3,4)

Исходные данные:  $q$  – удельный расход дренажного стока, л/с га;  $T$  – время работы сооружения, сут;  $F_{\text{орош}}$  – площадь орошаемого участка, га;  $m$  – коэффициент заложения откосов водоема для аккумуляирования дренажных вод;  $C_{i\text{загр}}$  – концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества, мг/л,  $K_{\text{ф}}$  – коэффициент фильтрации, м/сут.

#### Определение напора (H):

$$H=h_t+h_b+h_{\text{сорб}}+h_{\text{пл}}+h_1, \quad (6)$$

где:  $h_t$  – общие потери напора в сооружении, м;  $h_b$  – толщина слоя воды над загрузкой, м,  $h_b=1$  м;  $h_{\text{сорб}}$  – высота слоя загрузки, м;  $h_{\text{пл}}$  – толщина дырчатой асбестовой плиты, м;  $h_1$  – расстояние от дна сооружения до плиты, м.

#### Определение потерь напора в сооружении:

$$h_t=h_{t\text{вх}}+h_{t\text{пл}}+h_{t\text{сорб}}, \quad (7)$$

где:  $h_{t\text{вх}}$  – потери напора на вход в сооружение, м;  
 $h_{t\text{сорб}}$  – потери напора в загрузке, м,  $h_{t\text{сорб}}=U \cdot h_{\text{сорб}}/K_{\text{ф}}$ ,  
 где  $U$  – скорость фильтрации, м/с,  $U=0,1-0,3$  м/ч;

$K_{\phi}$ - коэффициент фильтрации, м/сут;  
 $h_{t\text{пл}}$  – потери напора в перфорированной асбестовой плите, м.

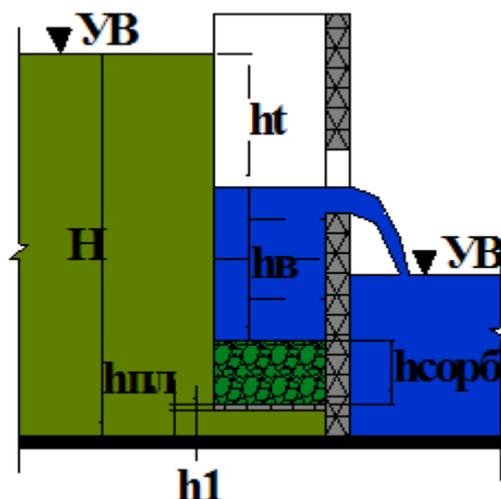


Рисунок 4- Расчетная схема сооружения

Количество сорбента определяется из условия поглощения загрязнителей до уровня ПДК, с учетом назначения водопользователей, обслуживаемых данным водным объектом.

$$G_{\text{сор}} = \sum_{i=1}^n \frac{C_{\text{исх}} - \text{ПДК}}{\text{СОЕ}} \cdot W_{\text{дд.ст}}, \quad (8)$$

где  $G_{\text{сор}}$  - количество сорбента, г;  $C_{\text{исх}}$  - исходная концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества, мг/л; ПДК- предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества, мг/л;  $W_{\text{дд.ст}}$  - объем дренажного стока,  $W_{\text{дд.ст}} = Q \cdot T \cdot F$ , л; СОЕ- статическая емкость сорбента, мг/г, определяется экспериментально.

Определить время защитного действия можно по зависимости:

$$T = K \cdot h_{\text{сорб}} \cdot t, \quad (9)$$

где  $T$  – время защитного действия сорбционного фильтра, ч;  $K$  – коэффициент защитного действия, мин/см,

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n \text{ДОЕ}_{\text{загр}}^i}{U_{\phi} \cdot \sum_{i=1}^n C_{\text{загр}}^i} \quad (10)$$

где:  $\text{ДОЕ}_{\text{загр}}^i$  – динамическая обменная емкость сорбента для  $i$ -го загрязнителя, определяется экспериментально, мг/л;  $t = \varepsilon \cdot \Delta t$  – потери времени защитного действия, мин;  $\varepsilon$  – порозность сорбента,  $\varepsilon = 1 - \delta_{\text{н}} / \delta_{\text{к}}$ ,  $\delta_{\text{н}}$ ,  $\delta_{\text{к}}$  – насыпная и кажущаяся плотность сорбента соответственно, г/дм<sup>3</sup>.

Время сменяемости сорбента зависит от степени загрязнения ДСВ и в среднем составляет 5 лет.

Однако, несмотря на хорошие очистные показатели и длительный проектный срок службы работы данного очистного узла, необходимо предусмотреть сокращение времени замкнутого оборотного цикла. С целью сохранения

биосистемы при повторном использовании дренажно-сточных вод рекомендуется производить разбавление. В процентном отношении это можно выразить следующим образом: на орошение – 30%, на возврат в природные источники – 40 %, на резервирование пресной воды, с предварительным процессом деминерализации, при необходимости - 30%.

Предлагаемая НДТ в практике утилизации дренажно-сбросных вод в пределах гидромелиоративной системы соответствует следующим основным требованиям:

- соответствует современным отечественным разработкам по эксплуатации гидромелиоративных систем;

- обладает экономической и практической приемлемостью для объектов на мелиорируемых землях;

При обосновании выбора предлагаемой НДТ принимаются во внимание следующие факторы:

- сокращение объемов сброса загрязняющих веществ при оптимальных капитальных и эксплуатационных затратах – очистка воды до уровня ПДК с учетом назначения водопользователей, обслуживаемых данным водным объектом;

- использование малоотходных процессов - время сменяемости сорбента зависит от степени загрязнения ДСВ и в среднем составляет 5 лет;

- вовлечение в хозяйственный оборот сбросов, образующихся в процессе хозяйственной деятельности – 15-18% ДСВ образующихся в процессе на оросительных системах;

- время, необходимое для реализации НДТ – 30 дней;

- потребление и эффективность использования первичного сырья достигает 88% первично забранной воды.

### **Список использованных источников**

1. Федеральное агентство водных ресурсов Водные ресурсы и водное хозяйство России в 2011 году. Статистический сборник. НИА-Природа. Москва, 2012г.

2. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. Москва, 2012г.

3. Кирейчева Л.В., Хохлова О.Б. Сапропели: состав, свойства, применение М. 1998, 120с.

УДК 333.93

## **МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**Ю.С. Лялин**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Отличительной особенностью оросительных мелиораций является их существенное и многоплановое воздействие на подземные воды. Для изучения этого воздействия и оценки его влияния на особенности, экономическую эф-

фективность и экологическую безопасность оросительных мелиораций проводятся специальные мелиоративно-гидрогеологические исследования. Их научно-методические основы разрабатываются прикладной отраслью гидрогеологической науки - мелиоративной гидрогеологией [1-3]. При проектировании оросительных систем мелиоративно-гидрогеологические исследования выполняются в составе комплексных гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий, а при эксплуатации оросительных систем - в системе контроля мелиоративного состояния земель.

Изыскания проводятся специальными изыскательскими организациями на основе ведомственных строительных норм [4], составленных еще в 70-80 гг. прошлого столетия в период интенсивного развития мелиорации в СССР. Их должны заменить новые отраслевые регламенты, но они пока отсутствуют. На крупных массивах проектируемого орошения, часто параллельно с изысканиями организациями Мингео СССР проводились комплексные гидрогеологические и инженерно-геологические съемки масштабов 1:200000 и 1:50000. Методические документы для проведения изысканий и съемок были разработаны отраслевыми НИИ Минводхоза и Мингео СССР [5, 6].

Для контроля мелиоративного состояния орошаемых земель в СССР были созданы специализированные гидрогеолого-мелиоративные партии и экспедиции. Оценка мелиоративного состояния орошаемых земель проводилась по глубине залегания грунтовых вод и их минерализации, а также по засоленности почв, ВНИИГиМ были разработаны необходимые нормативные [7] и методические документы [8, 9].

В настоящее время в РФ большинство гидрогеолого-мелиоративных партий ликвидированы и их функции переданы в мелиоративную службу эксплуатационных организаций. Наблюдения за подземными водами выполняются в соответствии с Правилами эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений 1998 г. [10]. С 2013 г. они должны использоваться для учета мелиоративного состояния орошаемых земель в соответствии с новым регламентом [11]. Методические основы этих наблюдений нуждаются в совершенствовании с учетом изменения социально-экономических условий в России, новых эколого-экономических подходов к оценке эффективности и экологической безопасности мелиоративных объектов, новых регламентов и обновленных СНиП в строительстве, достижений научно-технического прогресса.

В соответствии с действующим СНиП 11-02-96 [12] к изысканиям относятся теперь и наблюдения за подземными водами при эксплуатации оросительных систем в виде мелиоративно-гидрогеологического мониторинга (МГГМ). Он должен быть частью более общего эколого-мелиоративного мониторинга орошаемых земель, являющегося заключительным этапом всех видов мелиоративно-природных изысканий. Последний должен входить в состав мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, включая орошаемые земли, который развивается сейчас в соответствии с Концепцией 2010 г. в системе МСХ РФ [13].

Одновременно МГГМ должен рассматриваться как часть мониторинга водных объектов АПК и быть тесно увязан с мониторингом подземных вод Государственного мониторинга водных объектов (МВО) [14]. МВО, в свою очередь, является частью более общего Государственного экологического мониторинга [15].

Целью МГГМ является получение данных о подземных водах, необходимых для контроля существующей мелиоративной и экологической обстановки орошаемых и прилегающих земель, устранения, предупреждения или сокращения до приемлемых размеров возможных негативных последствий воздействия подземных вод. В состав МГГМ орошаемых и осушаемых земель должно входить: получение соответствующих исходных данных; организация наблюдений за подземными водами и породами зоны аэрации; регистрация наблюдаемых показателей, обработка и хранение полученной информации; оценка пространственно-временных изменений состояния подземных вод и их воздействий на мелиоративную и экологическую обстановку; прогнозирование изменения состояния подземных вод и разработка предложений по борьбе с существующими и возможными неблагоприятными последствиями.

1. В качестве исходных данных необходимо рассматривать:

- геолого-геоморфологическое и структурно-тектоническое строение территории, общие гидрогеологические и инженерно-геологические условия;
- особенности строения и распространения расчетного (регионального) водоупора;
- литолого-генетическое строение пород выше расчетного водоупора;
- гидроизогипсы, глубины залегания и режим грунтовых или грунтово-напорных вод (при их наличии выше расчетного водоупора);
- гидрогеодинамические данные о фильтрационных и емкостных свойствах пород зоны насыщения и аэрации;
- гидрогеохимические данные о засоленности пород зоны аэрации, минерализации и химсоставе подземных вод выше расчетного водоупора;
- имеющиеся мелиоративно-гидрогеодинамические и мелиоративно-гидрогеохимические прогнозы.

Указанные данные должны быть отражены на соответствующих картах, составленных с использованием ГИС-технологий, и в пояснительных записках к ним. Использование указанных технологий является теперь обязательным при ведении всех видов экологического мониторинга. Состав, структура и методика составления карт, необходимых при проведении мелиоративно-гидрогеологических изысканий, а также методика определения отдельных показателей и параметров требуют уточнения.

Для ведения МГГМ на новых и реконструируемых системах указанные данные с возрастающей степенью точности и детальности должны изучаться в ходе проектных работ, уточняться при строительстве и официально передаваться службам, ведущим наблюдения за подземными водами. На существующих системах такие данные должны быть получены по архивным материалам проектных институтов и фондовым материалам специальным съемкам Мингео

СССР 70-80 гг., уточнены по данным, полученным при эксплуатации систем, и представлены в цифровом виде.

2. Мелиоративно-гидрогеологические наблюдения проводятся по опорной, внутрхозяйственной и временной сети наблюдательных скважин.

Опорная сеть служит для выявления закономерностей режима грунтовых и подпитывающих их субнапорных вод в пределах всего массива. Она должна совмещаться с существующей режимной сетью Геологической службы Минприроды РФ. Скважины размещаются по створам и площади массива и могут быть одиночными или спаренными (при наличии субнапорных вод). Створы располагаются обычно по направлению потоков подземных вод и дополняются гидрометрическими постами на сопряженных поверхностных водных объектах. Внутрхозяйственная сеть создается в пределах отдельных севооборотов с неглубоким 4-6 м залеганием грунтовых вод для детальной площадной характеристики их уровня и минерализации. Временная сеть создается для решения в краткосрочной перспективе конкретных вопросов: определения гидрогеологических параметров; оценки величины инфильтрационного питания; определения влияния водотоков и водоемов на условия формирования и режим подземных вод; изучения влияния подземных вод на почвы; оценки эффективности дренажа. Количество скважин и створов, сроки и состав наблюдений определяются задачами конкретного вида сети. Методика работ достаточно полно отражена в существующих материалах [8, 9].

3. Регистрация данных о замерах уровней и отобранных пробах на химанализы должна проводиться в полевых рабочих журналах с указанием времени и исполнителя. Затем они и результаты химанализов переносятся в соответствующие таблицы, которые должны вестись на цифровых носителях по формам, согласованным с формами государственного мониторинга подземных вод, что позволит обеспечить взаимодоступность таких данных. По данным замеров уровней и результатов химанализов строятся карта гидроизогипс, глубин залегания и типов режима грунтовых или грунтово-напорных вод, и карта минерализации и химсостава на требуемые сроки. Согласно требованиям нового регламента [11] градация глубин должна включать: <1; 1-1,5; 1,5-2; 2-3; 3-5; далее через 5 м. Минерализация грунтовых вод: <1, 1-3, 3-5, 5-10, 10-20, затем через 20 - 50 г/л.

4. Оценка влияния существующих мелиоративно-гидрогеологических условий на мелиоративную и экологическую обстановку должна проводиться на основе анализа вышеуказанных карт и отражаться на карте мелиоративно-гидрогеологического районирования. При этом необходимо выделять:

- естественно дренированные земли, где отсутствуют процессы потопления на орошаемых и прилегающих землях;
- подтопленные земли без искусственного дренажа, где УГВ превышает допустимые (критические) глубины залегания;
- искусственно дренированные земли с горизонтальным, вертикальным или комбинированным дренажем.

Естественно дренированные земли далее должны подразделяться на устойчиво дренированные территории и территории возможного подтопления. В первом случае УГВ стабилизируются в многолетней плане на безопасной глубине, во втором они могут в перспективе превысить критическую глубину. На новых и реконструируемых системах эти данные устанавливаются в ходе мелиоративно-гидрогеодинамических прогнозов при разработке соответствующих проектов. На староорошаемых землях на основе анализа динамики изменения УГВ в многолетнем плане выделяются площади установившейся безопасной глубины и продолжающегося подъема уровня. Дополнительно оценивается влияние мелиоративно-гидрогеологических условий на качество подземных вод, используемых для водоснабжения, поверхностных вод в местах разгрузки подземных, инженерно-геологические условия.

На подтопленных землях необходимы специальные мероприятия для создания благоприятного режима и баланса грунтовых вод. Они обычно заключаются в строительстве того или иного типа дренажа или изменения мелиоративно-хозяйственных условий, что требует дополнительных проектных проработок.

На искусственно дренированных землях изучение режима и баланса должно быть направлено на определение эффективности дренажа. Методика таких работ изложена в разработанных ранее методических рекомендациях [9]. Результаты оценки существующих условий, как и последующих прогнозных оценок (см. ниже) отражаются на карте мелиоративно-гидрогеологического районирования.

5. Мелиоративно-гидрогеодинамические прогнозы изменения уровня грунтовых вод и влажности пород зоны аэрации выполняются на естественно дренированных орошаемых массивах. При наличии минерализованных подземных вод выше расчетного водоупора и/или засоленных пород в зоне аэрации они дополняются мелиоративно-гидрогеохимическими. На их основе определяется необходимость, оптимальные сроки и возможный состав дренажных и других мероприятий для регулирования режима грунтовых вод с целью предотвращения ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель и отрицательного воздействия на окружающую среду.

Составление прогнозов начинается с гидрогеодинамической (геофильтрационной) и гидрогеохимической (геомиграционной) схематизаций, на основе которых проводится выбор рационального метода прогнозирования. Основными вопросами в первом случае являются оценка внутренних и внешних границ области фильтрации; анализ изменчивости основных гидродинамических параметров и показателей в пространстве и времени; уточнение условий питания и разгрузки подземных вод выше расчётного водоупора; рассмотрение пространственной структуры потока и возможности ее упрощения. Во втором: анализ и типизация исходных гидрогеохимических условий зон насыщения и аэрации, результатов гидрогеодинамического прогноза, воздействия специальных мелиоративных мероприятий, предусматриваемых для улучшения водно-солевого режима почв (промывки, внесение мелиорантов и т.д.). Результаты схематиза-

ции отражаются на соответствующих картах и являются основой для выбора рационального метода прогнозирования.

При выполнении гидрогеодинамических прогнозов обычно использовались балансовые, аналитические методы, методы аналогового моделирования. Их применение требует значительного упрощения фильтрационных схем, что существенно сказывалось на качестве прогнозов. В настоящее время разработан целый ряд математических программных систем (Modflow, SIMGRO, MikeShi и др.), основанных на решении систем дифференциальных уравнений массопереноса в насыщенной и ненасыщенной зонах. Составление прогнозов с их применением должно проводиться на уровне НИР с привлечением научных организаций.

При гидрогеохимических прогнозах метод натуральных аналогов используется преимущественно для интерполяции и экстраполяции результатов прогноза другими методами в отдельных характерных точках по площади. Балансовые методы являются пока наиболее распространенными, особенно в сложных гидрогеохимических условиях. Поступление и расход солей оценивается по лентам тока соответствующей гидрогеодинамической прогнозной карты или расчетным блокам математического моделирования. Использование метода математического моделирования не получило пока широкого применения в практике мелиоративно-гидрогеологических исследований. Оно используется преимущественно для прогнозирования одномерного переноса в вертикальном или горизонтальном направлении. Прогнозные расчеты выполняются до стабилизации УГВ в многолетнем плане. Результаты моделирования отражаются на промежуточных и окончательных прогнозных картах. Указанные прогнозы должны выполняться при проектных проработках и уточняться, при необходимости, после строительства. Первоочередной задачей МГГМ является проверка достоверности ранее выполненных прогнозов по данным проводимых наблюдений. При невысоком качестве этих прогнозов должны выполняться соответствующие эксплуатационные прогнозы. Важной особенностью эксплуатационных прогнозов на существующих системах является возможность ретроспективного анализа режима подземных вод на основе имеющихся данных за предшествующий период времени. В его процессе могут быть выявлены и устранены ошибки геофильтрационной схематизации и уточнена величина инфильтрационного питания грунтовых вод, уточнены особенности протекания гидрогеохимических процессов.

6. На основе данных оценки влияния существующих и прогнозных мелиоративно-гидрогеологических показателей на мелиоративную и экологическую обстановку разрабатываются предложения по устранению или предупреждению их негативного воздействия. Они отражаются на карте мелиоративно-гидрогеологического районирования.

При этом скорейшего рассмотрения требуют вопросы совершенствования показателей мелиоративного состояния орошаемых земель. Пока неудовлетворительное, удовлетворительное и хорошее мелиоративное состояние определяется по глубине грунтовых вод, засоленности или солонцеватости почв, совме-

стному влиянию глубины и засоленности или солонцеватости почв. При этом не учитываются качество грунтовых вод, наличие или отсутствие дренажа, нормы и режим орошения, ряд других факторов.

### **Выводы**

Совершенствование методических основ проведения мелиоративно-гидрогеологического мониторинга орошаемых земель с учетом требований Государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и Государственного мониторинга водных объектов позволит повысить качество информации, необходимой для повышения экономической эффективности и экологической безопасности существующих оросительных систем.

### **Список использованных источников**

1. Кац Д.М., Пашковский И.С. Мелиоративная гидрогеология. М.: Агропромиздат, 1988. 256 с.
2. Кац Д.М., Шестаков В.М. Мелиоративная гидрогеология. М.: Изд-во МГУ, 1992. 256с.
3. Шестаков В.М. Прикладная гидрогеология. М.: МГУ, 2001.
4. ВСН 33-2.01.05 -90. Гидрогеологические и инженерно-геологические изыскания и исследования для мелиоративного строительства. М. Союзводпроект, 1990
5. Методическое руководство по гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям для мелиоративного строительства. Вып. 1 - 3. - М.: Знание, 1972.
6. Методическое руководство по гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям для мелиоративного строительства. Вып. 4. - М.: ВСЕГИНГЕО, 1978.
7. Руководство по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель. ВТЭ-Э-1-79. - М.: Минмелиоводхоз СССР, 1979.
8. Методическое руководство по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель. Вып. 1, 2. М., ВНИИГиМ, 1978
9. Методическое руководство по водно-балансовым исследованиям на орошаемых землях. Вып. 1, 2. М., ВНИИГиМ, 1978
10. Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. [http://mcx-dm.ru/sites/all/files/MC\\_GTS\\_pravila\\_2014-06-19.pdf](http://mcx-dm.ru/sites/all/files/MC_GTS_pravila_2014-06-19.pdf).
11. Приказ от 22 октября 2012 г. № 558 «Об утверждении Административного регламента Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по предоставлению сведений, полученных в ходе осуществления учета мелиорированных земель»
12. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. - М.: Минстрой России, 1997.
13. Концепция развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 года. Распоряжение правительства РФ от 30 июля 2010 г. № 1292.
14. Положение об осуществлении государственного мониторинга водных объектов. Утверждено постановлением Правительства РФ от 10 апреля 2007 г., №219
15. Государственный экологический мониторинг (Государственный мониторинг охраны окружающей среды). [http://base.garant.ru/12125350/10/#block\\_1000-](http://base.garant.ru/12125350/10/#block_1000-)

## **ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА РЕКИ ОКИ**

**Ю.А. Мажайский, Т.М. Гусева**

Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г.Рязань, Россия;  
Медицинский университет имени академика И.П. Павлова (ГБОУ ВПО РязГМУ), г. Рязань, Россия

### **Введение**

Многолетние наблюдения за состоянием крупных рек России свидетельствуют о сохраняющейся тенденции ухудшения гидрохимических характеристик и качества воды в результате длительного антропогенного воздействия. Одними из основных загрязняющих веществ гидросферы являются тяжелые металлы (ТМ), источники которых - сточные воды и сток с поверхности почвы [1].

Река Ока – наиболее крупный приток р. Волги и главный водоток Рязанской области. Бассейн р. Оки включает 895 малых и средних рек, общей протяженностью 105255 км [2]. Вода реки Оки оценивается как «загрязненная». Существующая сеть наблюдений за гидрохимическими характеристиками вод р.Оки не в состоянии оценить реальную экологическую ситуацию, складывающуюся в бассейне реки, так как мониторингом не охвачены малые реки, которые во многом определяют качество ее вод.

Основная часть малых и средних рек региона протекает в районах сельскохозяйственного использования земель, являясь компонентом преобразованных ландшафтов, и испытывающих значительную антропогенную нагрузку, так как именно эти водные объекты принимают стоки с сельскохозяйственных земель, которые приносят в водные объекты значительное количество биогенных веществ и тяжелых металлов. Однако загрязнение водных источников Окского бассейна ТМ в результате эксплуатации агроландшафтов на территории Рязанской области не достаточно изучено и является актуальной проблемой, требующей решения.

### **Объект исследований и методика**

С целью выявления степени загрязнения ТМ малых рек Окского бассейна проводился многолетний мониторинг на экологическом полигоне – крупномасштабной природной модели, созданной для проведения комплексных исследований, оценки степени воздействия антропогенных нагрузок на состояние экосистем и получения информации, необходимой для решения проблем рационального природопользования как на локальном, так и на региональном уровнях [3]. Экологический полигон имеет площадь 3000 га и представляет собой ландшафт лесостепной зоны, типичный для Мещерской низменности. Структурно он представлен следующими элементами: пашня, пастбище, орошаемые и осушаемые земли, дачные участки, лес, акватория. На территории

исследуемого ландшафта находится малая река, непосредственно связанная с водной системой р. Оки, которая и явилась объектом исследований.

Программа наблюдений включала оценку экологического состояния поверхностных и грунтовых вод, гидробиологические исследования. Отбор проб воды проводился по стандартным методикам. Определение валового содержания ТМ в воде и растительности проводились методом атомно-абсорбционной спектроскопии. В рамках мониторинга был осуществлен также гидробиологический и микробиологический анализ поверхностных вод модельного ландшафта [4].

Исследуемый водоем в течение длительного времени испытывает антропогенную нагрузку в результате функционирования на опытном ландшафте системы орошения и искусственного дренажа, а также наличия дачных участков, земель частного пользования. Водный объект является коллектором, принимающим как поверхностный, так и внутриводный сток. Следовательно, можно предположить, что все это отразится на гидрохимической характеристике водоема.

На протяжении ряда лет, в рамках проводимого мониторинга содержания ТМ в воде опытного водоема, ежемесячно отбирались пробы воды в 3 створах: 1 – исток (гидрометрический пост 1), 2 - дренажный сток (гидрометрический пост 2), 3 - место впадения в водную систему р. Оки (гидрометрический пост 3).

Можно отметить, что концентрация Рb находится в пределах предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов (ПДК<sub>р/х</sub>), а содержание Cd, Cu и Zn в ряде случаев превышает этот показатель. Содержание Cu и Zn, находится в пределах предельно допустимых концентраций для водоемов санитарно-бытового назначения (ПДК<sub>с/б</sub>), но наблюдается превышение данного норматива по Cd и Рb. Концентрация Рb в основном в осенне-зимний период больше ПДК для оросительной воды.

Следовательно, сложившаяся ситуация на водоеме, принимающем только стоки с земель сельскохозяйственного использования, представляет потенциальную экологическую опасность для Окского бассейна, о чем свидетельствует содержание ТМ в воде на замыкающем створе, то есть наблюдается эффект суммирования содержания загрязняющих веществ загрязнителей на замыкающем створе и неспособность водоема к процессам самоочищения.

Анализ информации, полученной в ходе мониторинга, позволил установить, что максимум содержания Cd в воде отмечается в зимний период, минимум – в летний. Наименьшее содержание Zn - в феврале-марте, максимальная концентрация – в январе, мае-июне, ноябре. В динамике содержания Cu и Рb отмечалась следующая зависимость: наименьшие их концентрации – это февраль-март, рост содержания до мая, затем постепенное снижение концентрации в летний период и увеличение содержания элементов в осенне-зимний период с максимумом в декабре. Сезонное изменение концентрации ТМ в воде объясняется влиянием атмосферных осадков, постепенной седиментацией водных взвесей, адсорбирующих ТМ, а также аккумуляцией ТМ водной биотой, которая, отмирая осенью, обогащает тяжелыми металлами воду.

На территории экополигона пробурены скважины для определения уровня и качества грунтовых вод. Скважины расположены в наиболее типичных местах ландшафта, перпендикулярно водному объекту. Отбор проб воды проводился по 4 скважинам: 7, 8, 13, 14 - наиболее приближенным к водному объекту и перехватывающим подземный приток с территории ландшафта.

Полученные данные показали, что в содержании ТМ в грунтовых водах, так же, как и в воде водоема, наблюдается определенная зависимость. Для Cu, Pb, Cd - увеличение концентрации в грунтовой воде с апреля по июль, для Zn - с марта по апрель. Затем концентрация ТМ в грунтовых водах постепенно снижается и достигает минимума в августе. С августа наблюдается постепенное увеличение концентраций ТМ во всех скважинах и достигает своих максимальных значений в декабре, затем - постепенное снижение до марта-апреля. Такое распределение концентраций ТМ в грунтовых водах зависит как от природных, так и от антропогенных факторов. Повышение концентрации ТМ в весенний период можно объяснить таянием снежного покрова, в котором происходит значительное накопление ТМ [5]. Проникая в почву, снеговые осадки привносят значительное количество ТМ в грунтовые воды. В летний период источником ТМ в грунтовых водах могут явиться также и дождевые осадки, однако содержание поступления ТМ в этот период наименьшее, по-видимому, в этот период активно развиваются растения, потребляющие почвенную влагу, а, следовательно, и находящиеся в ней ТМ. В осенне-зимний период идет постепенное нарастание концентрации ТМ в грунтовых водах, именно в это время в почве происходит разложение растительных остатков, которые содержат определенное количество ТМ. Исследования по изучению гидрогеологического режима опытного ландшафта, проводившиеся ранее, показали, что поверхностный сток отсутствует. Скважина № 7 перехватывает приток грунтовых вод, который попадает непосредственно в водоем с орошаемых земель, пастбища и пашни; скважина № 8 - с осушаемых земель; скважина № 13 - с дачных участков; скважина № 14 - с лесного массива. Проведенные наблюдения позволили сделать следующие выводы: наименьшее содержание ТМ характерно для грунтовых вод, поступающих из лесного массива, наибольшее - для грунтовых вод, формирующихся в районе дачных участков, пашни, пастбища, орошаемых земель. Причем для грунтовых вод, поступающих с территории дачных участков, характерно доминирование Zn, Pb, что является доказательством наибольшей антропогенной нагрузки именно на этот участок ландшафта.

Одним из информативных показателей антропогенной нагрузки на водные экосистемы является качественный состав гидробионтов, претерпевающий существенные изменения под влиянием загрязняющих веществ. Видовой состав гидробионтов можно рассматривать как индикатор экологического состояния водных объектов, так как поступление загрязняющих веществ в водоем, в том числе и ТМ, вызывает диспропорцию в развитии отдельных видов гидробионтов, что приводит к нарушению взаимоотношений в экосистеме, вследствие чего происходит замена одних видов другими, более приспособленными к сложившимся условиям. С целью определения видового разнообразия биоты ис-

следуемого водоема, был проведен гидробиологический анализ. Большая часть обнаруженных в водном объекте гидробионтов принадлежит к  $\beta$ -мезосапробам, что соответствует 2 классу чистоты вод, но в то же время в изучаемом водном объекте присутствуют и полисапробы (жгутиковые, личинки хирономид), что указывает на существующее загрязнение воды. Присутствие в воде жгутиковых и инфузорий указывает на ухудшении условий обитания. Таким образом, обеднение видового состава гидробионтов исследуемого водоема является адекватным показателем его загрязнения.

В воде природных водоемов и водотоков содержится большое количество микроорганизмов, способствующих самоочищению этих экосистем. Исследование влияния ТМ на автохтонные бактерии воды является актуальным на сегодняшний день. В рамках мониторинга, проводимого на территории экологического полигона, был разработан и проведен микробиологический эксперимент с водой, имеющей различный диапазон загрязнения. Для охвата диапазона загрязнения воды были разработаны 3 варианта опыта (табл.1)

Таблица 1 - Схема микробиологического эксперимента

Металл	Варианты опыта (содержание ТМ в воде, мг/л)			
	Контроль (исходная вода)	1 (3 ПДК)*	2 (6 ПДК)	3 (9 ПДК)
Cu	0,0019	0,0011	0,0041	0,0071
Zn	0,004	0,026	0,056	0,086
Pb	0,0064	0,2936	0,5936	0,8936
Cd	0,002	0,013	0,028	0,043

\*ПДК для рыбохозяйственных водоемов

Вода, отобранная из водного объекта, расположенного на территории экополигона, исследовалась на общее микробное число. Исследования проводились по стандартной методике. Результаты эксперимента приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты исследования воды на общее микробное число (ОМЧ)

Варианты опыта	Концентрация ТМ в воде, мг/л	Количество колоний			
		1	2	3	Среднее количество
1	Контроль	280	303	338	307 ± 1,11
2	3 ПДК	28	29	29	29 ± 0,02
3	6 ПДК	20	19	27	22 ± 0,15
4	9 ПДК	14	18	16	6 ± 0,12

Как видно из таблицы во всех трех повторностях наблюдается резкое уменьшение количества колоний, выросших на чашках, при увеличении концентрации вносимых металлов. Причем, начиная с концентрации 3 ПДК, общее

микробное число снижается на порядок, что свидетельствует о гибели различных видов микроорганизмов, наиболее чувствительных к данным концентрациям. Проведенный анализ экспериментальных данных показал, что между степенью загрязнения воды водного объекта и количеством бактерий существует обратная сильная взаимосвязь, о чем свидетельствует значение коэффициента корреляции ( $r = - 0,8$ ). Тяжелые металлы, находясь в воде в концентрациях начиная с 3 ПДК, вызывают гибель большинства микроорганизмов, что может негативно отразиться на самоочищающей способности водоема.

### **Выводы**

Проведенные комплексные исследования важнейшего компонента ландшафта Окского бассейна – малой реки, свидетельствуют о значительной антропогенной нагрузке на ее экосистему, обусловленной сельскохозяйственной деятельностью, о чем свидетельствует повышенное содержание ТМ в поверхностных и грунтовых водах и гидробиологические показатели. Таким образом, на ландшафтах Окского бассейна, где находится значительное количество подобных водоемов и агроландшафтов, являющихся источниками загрязняющих веществ, складывается потенциально опасная экологическая ситуация.

### **Список использованных источников**

- 1.Безднина С.Я. Экосистемное водопользование: концепция, принципы, технологии. – М.: М.: Изд-во «Рома». 1997. – 137 с.
- 2.Государственный доклад о состоянии окружающей среды Рязанской области в 2003 году. – Рязань, 2004. – 210 с.
- 3.Евсенкин К.Н., Мажайский Ю.А., Гусева Т.М. Комплекс экологических исследований на экополигоне в бассейне р. Оки // Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы: Всерос. Науч.-практ. Конф. – Рязань, 1998. – с. 94-95.
- 4.Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1992.
- 5.Штыков В.И., Даишев Ш.Т. Методические основы защиты природных вод от загрязнения при эксплуатации транспортных магистралей // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности: Сб. трудов Междун. Конгр. Т.2. – Спб., 2000. – с. 154-156.

УДК 631.117

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ И МОДЕЛИ НАПОРНОГО ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В ЗОНЕ АЭРАЦИИ**

**Е.А. Макарычева**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Напорное движение воды в зоне аэрации происходит под действием силы тяжести и капиллярного давления, которым противостоят трение и сопротивление воздуха в поровом пространстве почвы (породы). С увеличением во времени ( $t$ ) влажности на фронте впитывания ( $\theta$ ) уменьшаются градиент капиллярного потенциала ( $I_k$ ) и скорость поглощения воды ( $V_n$ ) от  $V_1$  в первый час опыта до постоянного значения  $V^*$  при градиенте равном единице. Зависимость  $V(t)$  – по Костякову А.Н.[1] – является степенной в виде:

$$V_{\pi} = V_1 / t^{\alpha}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – постоянная величина.

Эта схема движения реализуется при малых значениях напора ( $h < 1\text{ м}$ ), когда влажность пористой среды незначительно превышает наименьшую влагоемкости (НВ) и крупные поры зоны аэрации заняты воздухом. С увеличением напора ( $h$ ) возрастают максимальная влажность ( $\theta^*$ ), соответствующая равновесию между давлением жидкости и газа, и значения  $V^*$ , характеризующие водопроницаемость при заданном напоре ( $K$ ). Для оценки влияния заземленного воздуха на водопроницаемость Аверьянов С.Ф. [2] предложил использовать уравнение:

$$K_b = K_0 (\theta - \theta_0 / n - \theta_0)^{3,5} = K_0 \varepsilon^{\beta} \quad (2)$$

где  $n$  – пористость, в долях;  $K_0$  – коэффициент фильтрации, м/сут (или – по Роде А.А. – насыщенная водопроницаемость);  $\theta_0$  – содержание связанной воды, в долях.

Относительно параметра  $\theta_0$  нет единого мнения: Будаговский А.И. [3] предложил считать его равным влажности завядания (ВЗ), тогда  $\beta = 4,0$ ; ранее Лейбензон Л.С. [4,5] получил  $\beta = 3,7$ . По результатам определения  $K_b$  опытным путем установлено [6], что показатель степени в формуле (2) изменяется в широких пределах, что затрудняет применение  $K_b$  на практике.

Кроме того, для расчета скорости инфильтрации ( $V$ ) по модифицированному уравнению Дарси ( $V = K_b I$ ) необходимо экспериментально определять градиент напора ( $I$ ) по показаниям пьезометров, установленным в зоне движения гравитационного потока. Для описания напорного движения воды в зоне аэрации Костяков А.Н. [1] предложил использовать «закон просачивания», отражающий зависимость скорости инфильтрации непосредственно от напора в виде:

$$V = K_t h^m \quad (3)$$

где  $K_t$  – характеристика водопроницаемости (м/сут), соответствующая скорости инфильтрации при напоре 1 м,  $m$  – постоянная. Для установившейся инфильтрации из оросительных каналов удельные потери воды ( $q$ , м<sup>3</sup>/с) можно рассчитать по формуле [1]:

$$q = K h^m [b + 2h \gamma (1 + \varphi^2)^{0,5} / (1 + m)], \quad (4)$$

где  $\gamma$  – коэффициент поправки на капиллярное боковое поглощение воды в откосы канала, равный 1,1 – 1,4,  $\varphi$  – заложение откосов.

Исследования инфильтрации из котлованов в лессовидных суглинках Голлодной степи показали, что при напоре 1,5 м значения  $V$  при  $t > 5$  сут возрастают, а значения градиента напора уменьшаются (таблица 1, рис.1).

Зависимости рассмотренных характеристик от времени имеют вид:

$$V = 0,22 t^{0,4}, \quad (5)$$

$$I = 1,6 / t^{0,4} \quad (6)$$

$$K_b = 0,14 t^{0,8} \quad (7)$$

В первые 5 суток после заполнения котлована скорость поглощения воды ( $V_{\pi}$ ) изменялась по зависимости:

$$V_{\pi} = 2,85 / t^{0,4}, \text{ м / сут}, \quad (8)$$

где  $t$  – время, час.

Таблица 1 - Характеристики неустановившейся инфильтрации из котлована [7]

t, сут	5	10	15	20	30	40	60
V м/сут	0,43	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,10
I	0,80	0,60	0,50	0,45	0,40	0,36	0,32
C=VI	0,34	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	0,35
K <sub>в</sub>	0,54	0,92	1,30	1,67	2,12	2,64	3,44

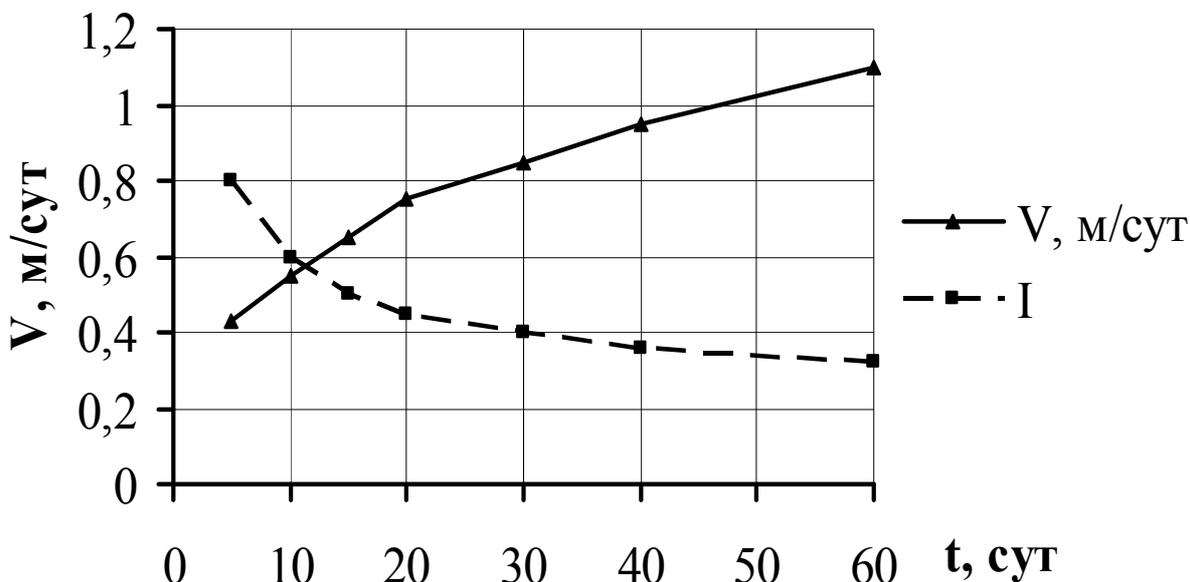


Рисунок 1 - Графики изменения скорости и градиента напора при неустановившейся инфильтрации

Значения скорости инфильтрации для  $t = 24; 48; 72$  и  $120$  часов составили – по (4):  $0,22; 0,30; 0,34; 0,43$  м/сут. Разность  $V_{п} - V$ , равная скорости капиллярного впитывания ( $V_k$ ), составила при  $t = 24; 48; 72$  часа соответственно:  $0,58; 0,30; 0,20$  м/сут. Эти значения определяются содержанием свободных от воды капиллярных пор ( $n_k$ ), содержание которых равно

$$n_k = \theta_5 - \theta, \quad (9)$$

где  $\theta_5$  - граничная влажность при  $t=5$  сут, равная в нашем примере 38% от объема грунта. Для  $t = 24; 48; 72$  часа при  $\theta = 35; 36; 36,5$  % получены  $n_k = 3,0; 2,0; 1,5$ %. Зависимость  $V_k(n_k)$  является степенной в виде:

$$V_k = 2,85 n_k^{1,6}, \text{ м/сут} \quad (10)$$

Максимальные значения влажности при значениях напора  $0,3; 0,5; 1,5$  м для установившейся инфильтрации ( $\theta^*$ ) составили соответственно  $36; 40; 42$ %. При пористости  $n = 50$ % и  $НВ = 28$  % содержание заполненных водой пор аэрации ( $n_a = \theta^* - НВ$ ), равное  $0,08$  и  $0,17$  (с учетом 5% защемленного воздуха), возрастает с увеличением напора по степенной зависимости:

$$n_a = (\theta^* - НВ) = 1,2 h^{0,35} \quad (11)$$

Значения установившейся скорости инфильтрации  $V^*$  (м/сут), равные  $0,30 - 0,45 - 1,10$  м/сут, растут с увеличением  $n_a$  по степенной зависимости:

$$V^* = 0,50 (10 n_a)^{2,35} \quad (12)$$

Значения  $V^*$  при влажности 32; 35; 40; 42; 45; 47,5 % равны соответственно: 0,06; 0,22; 0,72; 1,12; 1,72; 2,40 м/сут

С учетом (7) из (11) получим следующую зависимость  $V^*$  (h):

$$V^* = 0.8 h^{0.8}, \quad (13)$$

Зависимость (13) можно также представить в виде прямой:

$$V^* = 0,10 + 0,7 h \quad (14)$$

где  $V^* = 0,10$  м/сут = 0,07 мм/мин отражает скорость безнапорного впитывания воды, определяющую допустимую интенсивность дождя (рис. 1).

Поскольку  $C = V^* I = 0,34$ , зависимость  $I(n_a)$  с учетом (11) представляется в виде:

$$I^* = 0,34 / V = 0,68 / (10 n_a)^{2,35} \quad (15)$$

Зависимость  $K_b(n_a)$  при  $K_b = V^* / I^*$  имеет вид:

$$K_b = 0,73 (10 n_a)^{4,7} \quad (16)$$

Зависимости  $V$ ,  $I$  и  $K_b$ , установленные по формуле (1) при  $n = 0,50$  и  $\theta_0 = 0,75$  НВ = 0,21, имеют вид:

$$V = 3,7 \varepsilon^{3,7} \quad (17)$$

$$I = 0,09 / \varepsilon^{3,7}, \quad (18)$$

$$K_b = 40 \varepsilon^{7,4} \quad (19)$$

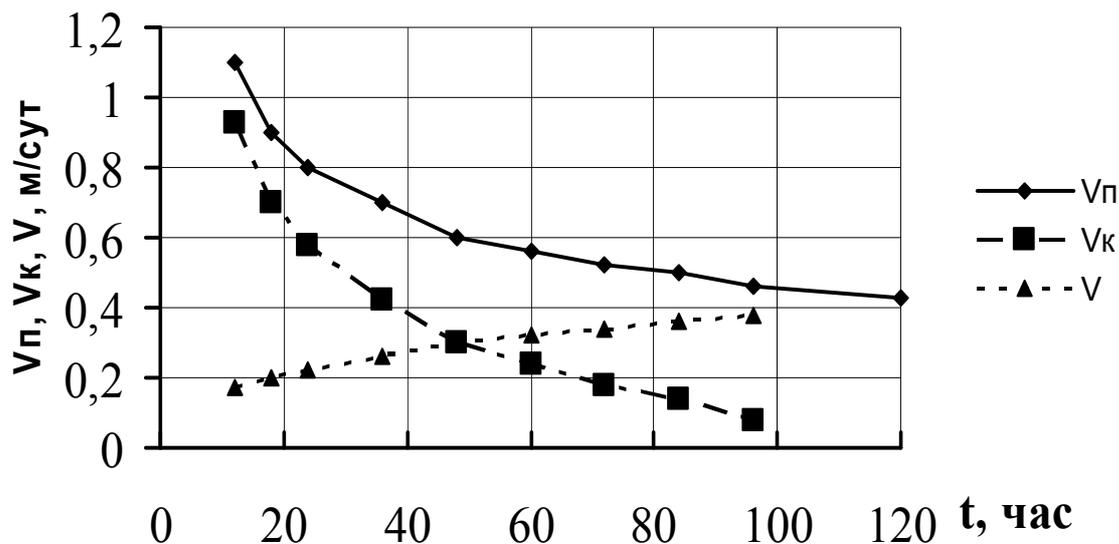


Рисунок 2 - Графики изменения скорости поглощения воды и ее составляющих на первом этапе увлажнения

Как видим, «закон просачивания» Костякова А.Н. является надежной моделью инфильтрации из оросительных каналов. При его использовании отпадает необходимость выполнения трудоемких работ по оборудованию пьезометров для определения градиентов напора и отбора проб грунта на влажность.

Определение параметров модели следует производить по результатам наливов в котлованы с разной глубиной их наполнения (напорами  $h_1$  и  $h_2$ ) до стабилизации скорости инфильтрации. Из системы двух уравнений типа (1), соответствующих  $h_1$  и  $h_2$ , находим значения  $K$  и  $m$ .

## Выводы

1. При неустановившейся инфильтрации скорость потока растет, а градиент напора снижается вследствие вытеснения и растворения воздуха в порах аэрации. Произведение указанных параметров является постоянным.

2. Моделирование инфильтрации по модифицированному уравнению Дарси с использованием коэффициента водопроницаемости требует экспериментального определения зависимостей равновесной влажности и градиента от величины напора.

3. Закон просачивания Костякова А.Н. является более надежной моделью инфильтрации, для расчета потерь воды из оросительных каналов следует использовать предложенную Костяковым А.Н. формулу.

## Список использованных источников

1. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: СЕЛЬХОЗГИЗ, 1938, 340с.
2. Аверьянов С.Ф. Зависимость водопроницаемости почвогрунтов от содержания в них воздуха. ДАН, т.69, №2, М.
3. Будаговский А.И. Впитывание воды в почву. 1955, М., Изд.АН СССР.
4. Лейбензон Л.С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде. 1947, Гостехиздат, М.- Л.
5. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. Л., Гидрометиздат, 1965.
6. Никольский Ю.У. Расчет расстояния между дренами без учета коэффициента фильтрации и инфильтрационной нагрузки. // Доклады РАСХН, №2, 1998.
7. Макарычева Е.А. О точности определения потерь воды из канала. // МиВХ, № 5, 2011.

УДК 631.117

## К ОБОСНОВАНИЮ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОРОШЕНИЯ

**Е.А. Макарычева**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Деградация орошаемых почв в результате нарушения сбалансированности природных и антропогенных факторов выражается в снижении их плодородия вследствие потери гумуса, уплотнения, декарбонизации, осолонцевания, засоления и других деградиционных процессов. Основными ирригационными факторами являются: переполивы и промывной режим орошения, ирригационная эрозия, использование оросительной воды некачественного состава и повышенной минерализации. Признаки деградации орошаемых почв проявляются прежде всего в изменениях их агрофизического состояния - агрегатного состава, плотности сложения и водопроницаемости [21].

Потери воды на полях составляют 15-60 %, возрастая с увеличением водности года, инфильтрация снижает содержание гумуса и кальция, необходимых для устойчивости структуры почв и их плодородия [18]. При разрушении макроагрегатов верхнего слоя почвы и увеличении содержания частиц диаметром менее 1 мм наблюдается понижение устойчивости почв к водной и ветровой эрозии [16], которая не только необратимо ухудшает их плодородие, но также загрязняет продуктами смыва водные источники. Сохранение структуры оро-

шаемых почв является одним из основных требований к технологиям орошения [5], включающим пределы регулирования влажности, поливные нормы и скорости подачи воды на поле.

Иссушение поверхности почвы перед поливом ниже влажности разрыва капилляров (ВРК) приводит к повышению температуры верхнего слоя и его деагрегации в результате воздействия заземленного воздуха [2,19], при этом нижние слои почвы остаются переувлажненными. Для более равномерного увлажнения профиля почвы и экономии оросительной воды следует применять дифференцированные поливы, которые не снижают урожайности сельскохозяйственных культур [4].

Верхний предел увлажнения (ВП), принимаемый равным наименьшей влагоемкости (НВ), является завышенным на 10 - 20 % вследствие превышения скорости нисходящего капиллярного потока в зону аэрации по сравнению с эвапотранспирацией. Необходимо экспериментально устанавливать параметр  $\alpha$  в формуле  $ВП = \alpha НВ$  (где  $\alpha < 1$ ) по капиллярной проводимости почвы ( $V^*$ , м/сут), отражающей строение порового пространства и его влияние на скорость впитывания при формировании зоны капиллярного увлажнения над поверхностью грунтовых вод [12]. Водоподъемная способность почв и пород, характеризуемая высотой капиллярного поднятия ( $H^*$ , м) и капиллярной проводимостью, возрастает от песков к суглинкам, а затем, по мере утяжеления механического состава, снижается. В таких разностях как иллювирированные горизонты слитых черноземов и подзолов она практически прекращается [10]. Это объясняется особой ролью крупно-пылеватых частиц диаметром 0,01-0,05 мм [17], образующих активные капиллярные поры диаметром 10 – 50 мкм [11]. Содержание этих частиц максимально в лессовидных суглинках (45- 65%), где при наличии минерализованных грунтовых вод с глубиной залегания менее  $H^*$  наблюдается интенсивное засоление орошаемых почв [3].

Поливные нормы ( $m$ ) зачастую завышаются в результате недостаточного учета закономерностей капиллярного движения воды в зоне активного влагообмена при определении расчетной глубины увлажнения ( $h_p$ ). Эта задача является одной из основных в орошаемом земледелии и мелиоративном почвоведении [8]. Ее решение возможно на основе учета закономерностей капиллярного движения, определяющих мощность зоны активного влагообмена ( $h^*$ , м) и запасы доступной растениям воды. Значения  $h_p$ , принимаемые равными мощности корнеобитаемого слоя почвы, оказываются завышенными при наличии уплотненного подпахотного горизонта (плужной подошвы) с низкой капиллярной проводимостью, не обеспечивающей достаточной скорости притока воды из нижних слоев почвы к корневой системе растений.

Экспериментально установлено, что в орошаемых черноземах Курской ЗОМС оптимальная глубина увлажнения составляет 0,3 м [1], а в черноземах Западной Сибири – 0,4 м [20]. При  $h_p > h^*$  не только возрастают потери воды в зону аэрации, но также снижается уровень водопотребления сельскохозяйственных культур и их урожайность. Уплотненный подпахотный горизонт уменьшает скорость капиллярного впитывания воды при дождевании в средне-

суглинистых почвах на 28 - 44%, в легких супесчаных – на 24-40% (таблица 1). Это необходимо учитывать при обосновании расчетных значений интенсивности дождя на полях, особенно в суглинистых и глинистых почвах при наличии понижений рельефа [6].

Таблица 1- Допустимые значения средней интенсивности дождя при наличии культуры (в скобках - уклон поверхности) – фирма «Чемпион», США,[14]

Характеристика почв	Интенсивность дождя, мм /мин			
	( 0 - 0,05)	(0,05- 0,08)	(0,08 – 0,12)	> 0,12
Легкие супесчаные почвы	0,74	0,53	0,42	0,32
То же с уплотненной подпочвой	0,53	0,32	0,32	0,21
Средние суглинистые почвы	0,42	0,33	0,25	0,17
То же с уплотненной подпочвой	0,25	0,21	0,14	0,12
Тяжелые суглинистые почвы	0,07	0,06	0,05	0,04

Допустимую интенсивность дождя, предупреждающую ирригационную эрозию ( $I_d$ , мм/мин), определяют по времени образования луж на поверхности почвы ( $t_d$ , мин). С увеличением диаметра капель ( $d$ , мм) значения  $I_d$  и досточные поливные нормы ( $m_d$ , мм) уменьшаются, взаимосвязь между этими факторами характеризуется степенной зависимостью [7]:

$$K_v = m_d I_d^{0,5} \exp 0,65 d, \quad (1)$$

где  $K_v$  – показатель безнапорного впитывания воды в почву, мм/мин.

По А.Н.Костякову с увеличением интенсивности дождя и диаметра капель сильнее разрушается структура почвы, в средних по механическому составу почвах значения  $I_d$  не должны превышать 0,2–0,3, а в легких почвах – 0,5-0,8 мм/мин. Предельные значения интенсивности, при которых начинается переход от капиллярного впитывания к гравитационному движению воды и возрастает риск разрушения структуры ( $I^*$ ), могут быть установлены по перегибу графиков  $I(t_d)$ , полученных в полевых условиях для ряда значений диаметра капель [15].

Для чернозема Курской ЗОМС на поле пожнивной культуры (всходы овса) в пределах  $0,7 < d < 1,7$  мм установлены значения  $I^*$ , равные соответственно: 0,90; 0,73; 0,64 мм/мин. Зависимость  $I^*(d)$  может быть представлена в виде:

$$I^* = A \lg B / d = 0,66 \lg (16 / d) \quad (2)$$

Эта зависимость отражает устойчивость структуры почвы к разрушающему действию заземленного воздуха и капель дождя, при отсутствии культуры на поле значения  $I^*$  уменьшаются. Для сравнительной оценки капиллярных свойств почв можно использовать значения  $I^{**}$ , соответствующие диаметру капель 1 мм:

$$I^{**} = A \lg B \quad (2a)$$

Для дерново-подзолистых почв Московской области по формуле (1) были построены графики  $I(t)$ , представленные на рисунке 1, и установлены значения  $I^*$ , соответствующие  $K_v = 20; 40; 60$  и  $d = 0,5; 1,0; 2,0$  мм (таблица 2).

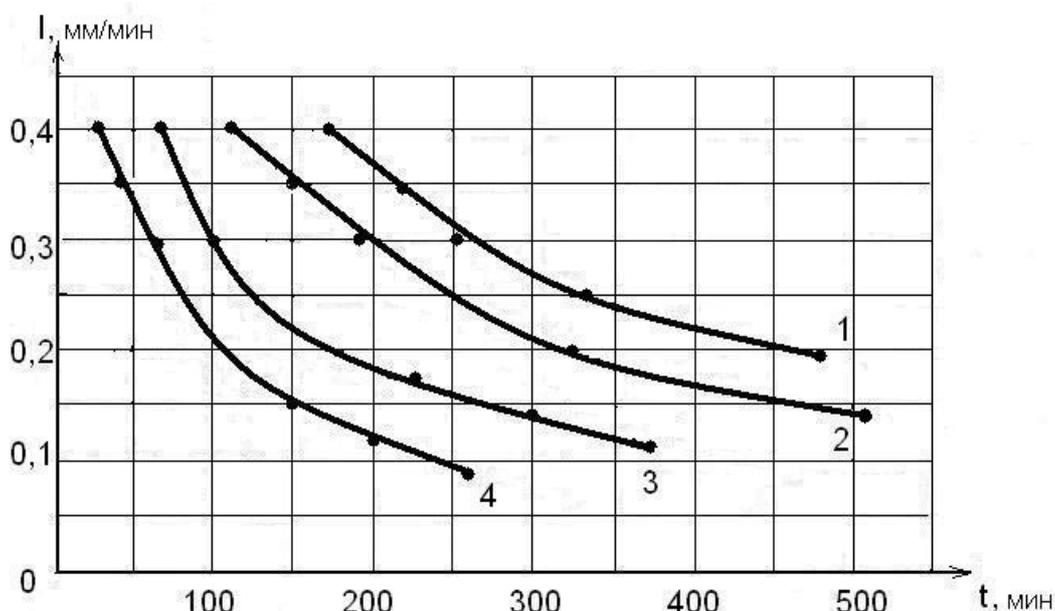


Рисунок 1 - Зависимости времени появления луж от интенсивности дождя: (1...4 для  $d = 0,5; 1,0; 2,0; 3,0$  мм)

Таблица 2 - Предельные значения капиллярной скорости впитывания в зависимости от диаметра капель при разных поливных нормах

Диаметр капель дождя, мм	Показатель безнапорного впитывания воды в почву $K_v$ , мм/мин		
	20	40	60
	Предельные значения капиллярной скорости впитывания $I^*$ , мм/мин (поливные нормы, мм)		
$d = 0,5$	0,13 (40)	0,17 (77)	0,25 (87)
$d = 1,0$	0,10 (34)	0,14 (57)	0,20 (73)
$d = 2,0$	0,08 (20)	0,11 (33)	0,17 (40)

Зависимости  $I^*(d)$ , установленные по данным таблицы 2, имеют вид:

$$I^* = 0,083 \lg (18 / d) \quad (3)$$

$$I^* = 0,09 \lg (33 / d) \quad (4)$$

$$I^* = 0,13 \lg (40 / d) \quad (5)$$

Зависимости  $d$  ( $m_d$ ) являются линейными и пересекаются в точке  $d = 3,3$  мм:

$$d_{20} = 3,3 - 0,07 m_d \quad (6)$$

$$d_{40} = 3,3 - 0,04 m_d \quad (7)$$

$$d_{60} = 3,3 - 0,03 m_d \quad (8)$$

Задавая поливную норму, можно по предложенным зависимостям установить допустимые значения интенсивности дождя (не превышающие  $I^*$ ) и соответствующие размеры капель.

Таким образом, в качестве экологических требований к почвозащитным технологиям орошения можно представить следующие:

- предполивная влажность верхнего слоя почвы не должна быть менее ВРК,
- верхний предел увлажнения почвы не должен достигать НВ,
- оптимальную глубину увлажнения почвы следует определять с учетом влияния капиллярной проводимости плужной подошвы на мощность зоны активного влагообмена,
- почвозащитную интенсивность дождя  $I^*$  необходимо устанавливать экспериментально по перегибу графика  $I(t_n)$ , зависимость  $I^*(d)$  может быть использована для оценки устойчивости структуры почвы к дождеванию.

### **Список использованных источников**

1. Астапов С.В., Шишков К.Н. Водный режим почвы при орошении яровой пшеницы на типичных и карбонатных черноземах.// Орошение сельскохозяйственных культур в Центрально - Черноземной полосе РСФСР, М., 1952.
2. Бобченко В.И. О водопрочности почвогрунтов.// Почвовед, № 12,1962
3. Ваксман Э.Г., Хакбердыев С.А. Особенности формирования солевого режима в почвах с тяжелым механическим составом // Тр. Таджик. НИИ почвоведения, Т.19, 1978.
4. Григоров М.С., Григоров С.М., Емельянова О.М. Влияние дифференцированного режима орошения на водопотребление и корневую систему люцерны. // Доклады РАСХН, №2, 2000.
5. Григорьев В.Я., Кузнецов М.С. Оценка изменения водопрочности почвенной структуры при поливе дождеванием.// Почвовед., 38, 1986.
6. Дембовецкий А.В., Тымбаев В.Г., Корчагин А.А. Влияние основных физических свойств почвы на продуктивность с/х культур в условиях высокой комплексности почвенного покрова.// Материалы 1У Докучаевского общества почвоведов. Новосибирск, 2004, кн.2.
7. Ерхов Н.С. Оптимизация параметров водосберегающей технологии дождевания.// МиВХ, № 5, 1995.
8. Зимовец Б.А., Кауричева З.Н. Особенности регулирования солевого режима орошаемых почв сухостепной зоны.// Почвоведение, №12, 1984.
9. Ильинская И.Н., Шкодина О.П. Нормирование водоотведения – фактор рационального водопользования. // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. Вып.41, 2009.
10. Качинский Н.А. Физика почвы. // М., Высшая школа, 1970.
11. Макарычева Е.А. Определение показателей капиллярных свойств почв при обосновании поливных норм.// «Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства в России», М., 2013.
12. Макарычева Е.А. Определение пределов регулирования влажности почвы при орошении.// Вопросы мелиорации, № 3 – 4, 2008.
13. Медведев В.В. Физические свойства и характер залегания плужной подошвы в разных типах пахотных почв. // Почвоведение, № 12, 2011.
14. Миленин Б.О. Интенсивность дождя и впитывания воды в почву при дождевании.// Дисс., к.т.н., М., 1966.
15. Преображенская М.В. Впитывание воды в почву при поливе дождеванием в условиях Центрально – черно земных областей. // Гидротехника и мелиорация, № 6, 1950.
16. Ревут И.Б. Физика почв. Л., 1972
17. Роде А.А. Физика почв. 1952
18. Рыбкин В.Н. Обоснование эксплуатационных режимов работы оросительных систем. // Автореферат дисс.д.т.н. М., 2009.
19. Снеговой В.С. Показатели структуры карбонатного чернозема при орошении. // Почвоведение, № 10, 1976.

20. Шапорина Н.А. Актуальные проблемы орошения черноземов Западной Сибири.// (Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов, 2004, кн.2).

21. Экологические требования к орошению почв России. Рекомендации (РАСН, Почвенный институт им. Докучаева, МГУП), М., 1996.

УДК 333.93(510)

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОДОЕМКОСТИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ БАССЕЙНОВ КАЗАХСТАНА

**К.Ж. Мустафаев**

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Территорию Казахстана можно условно разделить на восемь водохозяйственных бассейнов: Арало-Сырдаринский, Балхаш-Алакольский, Ертисский, Жайык-Каспийский, Есильский, Нура-Сарысуский, Шу-Таласский и Тобол-Тургайский. Водохозяйственные балансы речных бассейнов позволяют оценить приходную часть, складывающуюся из поступления объемов воды с сопредельных территорий и формирующихся на территории Казахстана, расходную часть - потери на испарение и фильтрацию, санитарные и природоохранные выпуски, а также оценить располагаемые для нужды отраслей экономики водные ресурсы бассейна (таблица 1).

Таблица 1 - Водохозяйственный баланс речных бассейнов Казахстана (км<sup>3</sup>) [1]

Водохозяйственные бассейны	Водохозяйственный баланс				Располагаемые ресурсы, км <sup>3</sup>
	приходная часть		расходная часть		
	поступление с сопредельных территорий, км <sup>3</sup>	формируется в пределах бассейна, км <sup>3</sup>	потери на испарение и фильтрации, км <sup>3</sup>	санитарные и экологические выпуски, км <sup>3</sup>	
Арало-Сырдаринский	14.60	2.30	2.80	3.10	12.00
Балхаш-Алакольский	11.40	16.40	2.30	19.90	8.60
Ертисский	9.80	26.0	6.80	13.10	15.90
Жайык-Каспийский	2.50	4.90	2.50	17.90	5.90
Есильский	-	2.20	0.50	0.80	0.90
Нура-Сарысуский	0.82	1.74	0.37	1.02	1.16
Шу-Таласский	3.10	1.00	0.10	0.30	3.70
Тобол-Тургайский	0.056	1.53	0.26	0.63	0.70
По республике Казахстан	42.276	57.87	15.63	58.75	46.86

Как видно из таблицы 1, 42.276 км<sup>3</sup> воды поступают с сопредельных территорий и 57.87 км<sup>3</sup> воды формируются в пределах бассейна, что характеризует зависимость водообеспеченности Казахстана межгосударственных отношений

с государствами Центральной Азии. Для комплексной оценки емкости водных объектов Республики Казахстан можно использовать принципы теории систем, то есть их необходимо рассматривать как сложную систему, включающую в себя четыре подсистемы - общество, экономику, экологию и водные ресурсы. На основе синтеза статистики и теоретического анализа определены показатели оценки емкости водных объектов и их подсистем [2]. Для этого использованы параметры или индикаторы оценки изменений свойств природной системы [3], параметры оценки устойчивости природных комплексов в бассейне [4-10] и система показателей емкости водных объектов [11].

Стандартизация информационных материалов осуществлялась через индексацию статистических материалов и преобразование их в безразмерные величины [11]:

$$X_{ij}^* = (X_{ij} - \bar{X}_j) / \sigma_j, \quad \bar{X}_j = \frac{1}{n} \sum_i X_{ij}, \quad \sigma_j^2 = \frac{1}{n} \sum_i (X_{ij} - \bar{X}_j)^2,$$

где  $X_{ij}$  - первоначальные значения показателей емкости водных объектов, а  $X_{ij}^*$  - стандартизированная величина показателей емкости водных объектов.

Для определения региональной емкости водных объектов Лю Цзяцзюнь, Дун Сочэн, Мао Цилян [11] предлагают следующее уравнение:

$$CW = \sqrt{CHI \cdot CCI (\alpha \cdot FeI + \beta \cdot FpI)},$$

где  $CW$  - итоговый комплексный показатель региональной емкости водных объектов;  $FeI$  и  $FpI$  - индексы региональной экономической и демографической нагрузок на водные ресурсы;  $CCI$  - емкость комплексной системы региональных водных объектов;  $CHI$  - интегральный индекс для комплексной системы региональных водных ресурсов;  $\alpha$ ,  $\beta$  - неопределенные «весы», а «вес»  $FeI$  приравнивается к  $FpI$ .

Значения нормативов итогового комплексного показателя региональных емкостей водных объектов приведены в таблице 2 [11].

Таблица 2 - Нормативы комплексного показателя региональных емкостей водных объектов

Индекс $CW$	Категория нагрузки	Возможность использования
0.00-0.50	Минимальная	Водные ресурсы в избытке
0.51-0.80	Оптимальная	Оптимальное использование водных ресурсов
0.81-1.00	Повышенная	Затрудненное использование водных ресурсов
1.01-1.30	Высокая	Нехватка водных ресурсов
>1.30	Сверхвысокая	Острая нехватка водных ресурсов

В качестве исходных данных для модели комплексной оценки емкости водных объектов Республики Казахстан взята соответствующая стандартизиро-

ванная статистика за 2007 год восьми водохозяйственных бассейнов и 14 областей. Результаты демонстративных расчетов, приведенные в таблице 3, показывают пространственные закономерности дифференциации этих характеристик.

Таблица 3 - Оценка емкости водных объектов водохозяйственных бассейнов Республики Казахстан

Водохозяйственные бассейны	Показатели емкости водных объектов				
	$F_eI$	$F_pI$	$CCI$	$CNI$	$CW$
Арало-Сырдарьинский	0.059	0.175	1.236	0.290	0.287
Балхаш-Алакольский	0.001	0.179	5.020	0.029	0.162
Ертысский	0.010	0.283	6.010	0.068	0.346
Жайык-Каспийский	0.062	1.349	2.936	0.030	0.352
Есильский	0.003	0.412	6.780	0.030	0.304
Нура-Сарысуский	0.059	0.165	0.515	0.305	0.188
Шу-Таласский	0.084	0.203	0.319	0.324	0.172
Тобол-Тургайский	0.012	0.376	7.572	0.016	0.217
По республике Казахстан	0.036	0.393	3.799	0.137	0.321

Индекс региональной экономической нагрузки на водные ресурсы ( $F_eI$ ) показывает, что, чем больше его значения, тем большую нагрузку за счет экономического развития несет регион. Как показано в таблице 3,  $F_eI < 0.30$  отмечено во всех водохозяйственных бассейнах Казахстана, то есть имеется большой потенциал для поддержки регионального и республиканского экономического развития. С другой стороны, это свидетельствует о том, что во всех водохозяйственных бассейнах Казахстана водные ресурсы недостаточно эффективно использовались.

Индекс региональной демографической нагрузки на водные ресурсы ( $F_pI$ ) показывает, если их величина  $F_pI > 0.90$ , то есть наблюдаются большая численность населения и нехватки воды. К таким бассейнам относится Жайык-Каспийский водохозяйственный бассейн, где фактически численность населения уже больше, чем может быть обеспечена региональными водными ресурсами. Индекс  $F_pI$  от 0.30 до 0.70 характерен для Есильского водохозяйственного бассейна, где водные ресурсы обеспечивают существующую численность населения. В остальных водохозяйственных бассейнах Казахстана  $F_pI < 0.30$ , это указывает на то, что региональные водные ресурсы могут полностью обеспечить относительно невысокую численность населения.

Индекс комплексной системы региональных водных ресурсов характеризует нагрузку, которую несет объединенная система общества, экономики, экосистемы и региональных водных ресурсов. Как видно из таблицы 3, индекс  $CCI < 2.0$  зарегистрирован на Арало-Сырдарьинском, Нура-Сарысуском и Шу-Таласском водохозяйственных бассейнах, что указывает на то, что региональ-

ные водные ресурсы не несут никакой существенной экономической и социальной нагрузки.  $CCI$  от 2.0 до 4.0 отмечен в Жайык-Каспийский водохозяйственном бассейне, где нагрузки на водные ресурсы относительно велики.  $CCI > 4.0$  характерен для Балхаш-Алакольского, Ертисского, Есильского и Тобол-Тургайского водохозяйственных бассейнов, где совместная экономическая и социальная нагрузка слишком велика для местных водных ресурсов этих территорий.

Интегральные индексы для общей системы общества, экономики, экосистемы и региональных водных ресурсов показывают, что чем больше  $CNI$ , тем лучше организована эта система, то есть водные ресурсы используются более эффективно. Если  $CNI < 0.25$ , тогда такие регионы, куда относятся Балхаш-Алакольский, Ертисский, Жайык-Каспийский, Есильский и Тобол-Тургайский бассейны, не были согласованы с наличием водных ресурсов. С показателем  $CNI$  от 0.25 до 0.35 - Арало-Сырдарьинский, Нура-Сарысуский и Шу-Таласский водохозяйственные бассейны, это показывает, что интегральный индекс использования водных ресурсов не препятствует росту экономики. Комплексный индекс емкости водных объектов показывает, что, если  $CIW < 0.50$ , то регионы - с обильными водными ресурсами, и это все водохозяйственные бассейны Казахстана.

Как видно из таблицы 3, в настоящее время, кроме Ертышского водохозяйственного бассейна, остальные бассейны уже испытывают постоянный умеренный или сильный водный стресс. Поэтому, потенциальным бассейном-донором для водообеспечения Центрального, Северного и Южного Казахстана является бассейн реки Ертис, где формируются до половины местных возобновляемых водных ресурсов Республики. Дальнейшее развитие водохозяйственных связей приводит в конечном итоге к формированию Единой системы водообеспечения Республики Казахстан (ЕСВО), призванной осуществлять экологические, экономические и социальные функции, связанные с использованием водных ресурсов страны [12].

Таким образом, на основе многокритериальной оценки выявлены основные факторы, которые влияют на водные ресурсы, и определены уровни их использования для каждого водохозяйственного бассейна Республики Казахстан в настоящем и будущем. Как показали расчеты (таблица 3), в водохозяйственных бассейнах Казахстана размещение населения и разный уровень экономики не соответствуют пространственно-временному распределению водных ресурсов. Расширение источников воды и сокращение ее расходования является единственным способом увеличения пределов емкости водных объектов и допустимой нагрузки на водные ресурсы.

### **Список использованных источников**

1. Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии (обзор). - Алматы, 2004. - 132 с.
2. Мустафаев Ж.С. Методологические основы экологической оценки емкости природных систем. - Тараз, 2014. -267 с.
3. Мустафаев Ж. С., Мустафаев К. Ж., Ешмаханов М. К. Проблемы гидроэкологии: количественная оценка состояния и устойчивости ландшафта. - Тараз, 2010. - 135 с.

4. Заурбек А.К., Мустафаев Ж.С., Заурбекова Ж.А, Мустафаев К.Ж. К количественной оценке устойчивости природных комплексов в бассейнах рек // Наука и образования Южного Казахстана. - 2000.-№11(18).-С.60-64.
5. Мустафаев К.Ж., Ешмаханов М.К. Моделирование экологической устойчивости природной системы // Вестник ТарГУ им. М.Х. Дулати / Природопользование и проблемы антропосферы, Тараз, 2001. - №4(4). - С. 89-94.
6. Мустафаев Ж.С., Мустафаев К.Ж. К вопросу моделирования устойчивости природной системы //Сборник научных трудов КазНИИВХ // Научные исследования в мелиорации и водном хозяйстве. – Тараз: НЦ «Аква», 2002. – том 39.- выпуска 2.- С. 104-110.
7. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Ешмаханов М.К., Мустафаев К.Ж. Математико-географическое моделирование устойчивости природной системы / Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель. - Тараз, 2004. - С. 273-286.
8. Мустафаев Ж.С., Заурбек А.К., Мустафаев К.Ж., Сейдуалиев М.А. Проблемы гидроэкологии: качественная оценка состояния и устойчивости ландшафта (Аналитический обзор). - Тараз, 2003. - 60 с.
9. Мустафаев К.Ж., Мустафаева Л.Ж. Методологические основы комплексной оценки эколого-экономической устойчивости природных систем бассейнов трансграничных рек // Труды международного научно-практического семинара, посвященной 60-летию доктора технических наук, профессора Ж.С. Мустафаева / Мелиорация: прошлое, настоящее и будущее. - Тараз, 2010. - С.230-247.
10. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Ешмаханов М.К., Мустафаев К.Ж. Математико-географическое моделирование устойчивости природной системы /Поиск, 2004. - №4. - С.126-133.
11. Лю Цзяцзюнь, Дун Сочэн, Мао Цилян. Комплексная оценка емкости водных объектов Китая // География и природные ресурсы. - 2012.- №1. - С. 138-145.
12. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы устойчивого водо-обеспечения // Водное хозяйство Казахстана, 2011. - №9(37).- С.13-22.

УДК 626.810

## **ПРИНЦИПЫ ЗОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЛИВНЫХ ВОД ДЛЯ УСЛОВИЙ КАЛМЫКИИ**

**М.А. Сазанов, Э.Б. Дедова, В.В. Очиров**

Калмыцкий филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Элиста, Россия

Территория Республики Калмыкия принадлежит к семиаридному и ариднему поясам юга Европейской части России и здесь размещены 4 природно-климатических зоны: степная (в западной части), сухостепная (центральная часть), полупустынная (северо-восточная часть) и пустынная (восточная и южная части). Это самый маловодообеспеченный регион. Местные поверхностные водные ресурсы очень ограничены и основной объём воды на нужды экономики привлекается с сопредельных территорий (из бассейнов рек Волга, Кубань, Терек и Кума) по каналам крупных оросительно-обводнительных систем. Имеется также нелимитируемый запас опреснённых морских вод Северо-западного Каспия, а также бассейны и линзы напорных и безнапорных подземных вод. Химический состав вод очень разнообразен (табл. 1). Степень минерализации

изменяется от 0,2 до 425,0 г/л при самом различном химизме состава (сочетании анионов  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  и катионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ). Уровень активности (водородный показатель рН) колеблется от 7,2 до 8,7 [7, 11].

Таблица 1 - Общая характеристика качественных показателей водных ресурсов на территории Калмыкии

Основные водные объекты	Водоисточник	Общая минерализация воды, г/л	Химизм засоления	рН
<b>Поверхностные водные ресурсы</b>				
Сарпинская, Калмыцко-Астраханская и Каспийская ООС	р.Волга	0,2-0,60	$\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$ , Ca-Na	7,8-8,3
Право-Егорлыкская ООС	р.Кубань	0,3-0,45	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4$ , Ca-Na	7,5-7,7
Черноземельская ООС	р.Терек, Кума	1,15-1,65	$\text{SO}_4\text{-Cl}$ , Na-Ca	7,8-8,2
Местный поверхностный сток	малые реки и балки Ергенинской возвышенности	0,13-0,43	$\text{HCO}_3\text{-Cl-SO}_4$ , Na-Mg-Ca	7,2
Водохранилища и пруды	местный сток	0,8-6,4	$\text{Cl-SO}_4$ , Na-Mg	7,3-8,2
Водохранилища и пруды	Местный сток и сбросные воды ООС	2,5-10,0	$\text{SO}_4\text{-Cl}$ , Na-Mg	7,6-8,5
Дренажно-сбросные воды	ООС	0,6-5,55	$\text{Cl-SO}_4$ , Na-Ca-Mg	7,5-8,2
Озёра	местный сток	8,9-425,0	Cl, Na	8,0-8,7
Озёра	местный сток и сбросные воды ООС	7,6-45,3	Cl, Mg-Na	7,6-8,7
Морские воды	северо-западная часть Каспийского моря	0,5-3,0	$\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$ , Na-Ca	7,4-7,5
<b>Подземные водные ресурсы</b>				
Азово-Кубанский, Восточно-Предкавказский, Ергенинский и Прикаспийский артезианские бассейны	напорные и безнапорные горизонты	0,4-15,0	$\text{HCO}_3\text{-Cl-SO}_4$ , Ca-Mg-Na	7,2-8,7

Многочисленные исследования [3, 4, 6, 12] доказали возможность использования для полива сельскохозяйственных культур и древесно-кустарниковой растительности вод с различным уровнем минерализации, вплоть до солёных и морских (12,0-14,0 г/л). В связи с тем, что в условиях республики для орошения используются поверхностные и подземные водные ресурсы, а также минерализованные, морские и дренажно-сбросные воды, потре-

бовалась разработка универсальной системы оценки их количественных и качественных характеристик.

Классификацию химического состава поливных вод предлагается осуществлять по трём составляющим, с использованием общеизвестных методик и градаций [10] в усовершенствованном виде:

1. Уровень минерализации (г/л), по которому воды разделяются на: сверхпресные (<0,2 г/л), пресные (0,2-1,0 г/л), слабосоленоватые (1,0-3,0 г/л), среднесоленоватые (3,0-5,0 г/л), сильносоленоватые (5,0-10,0 г/л) и солёные (>10,0 г/л).

2. Химический состав по преобладающим макрокомпонентам, в процент-эквивалентах:

-по анионам  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ , с выделением 15 групп (гидрокарбонатные, хлоридные, сульфатные, хлоридно-гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-хлоридные, гидрокарбонатно-сульфатные, хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные, гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные, хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридные);

-по катионам  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  также 15 групп (натриевые, кальциевые, магниевые, натриево-кальциевые, натриево-магниевые, кальциево-натриевые, магниево-натриевые, кальциево-магниевые, магниево-кальциевые, натриево-магниево-кальциевые, кальциево-натриево-магниевые, кальциево-магниево-натриевые и магниево-кальциево-натриевые). Разработаны соответствующие оценочные шкалы.

3. Величина водородного показателя (рН) и вид активной реакции по шкале: рН=5,5-6,5 (слабокислая); рН=6,5-7,5 (нейтральная); рН=7,5-8,0 (слабощелочная); рН=8,0-8,5 (щелочная); рН=8,5-9,5 (сильнощелочная); рН>9,5 (очень сильно щелочная).

Для большинства сельскохозяйственных культур допустимые значения рН находятся в интервале от 5,0 до 8,5. При характеристике химического состава поливной воды сначала указывается степень её минерализации, затем состав по преобладающим анионам, потом – по катионам и в последнюю очередь – вид активной реакции. Например, слабосоленоватая, сульфатно-хлоридная, кальциево-магниевая, щелочная.

Почвенно-мелиоративная оценка качества поливных вод должна строиться на общих принципах комплексности с учётом свойств и режимов почв, мелиоративного состояния орошаемых земель и степени солеустойчивости сельскохозяйственных культур [1, 2, 5]. Основываясь на общепринятых шкалах почвенно-мелиоративной оценки качества воды для орошения [1, 2, 8, 9], нами разработана зональная шкала почвенно-гидрогеолого-мелиоративной оценки качества поливной воды (табл. 2). В ней выделены 4 класса качества воды (неопасный, малоопасный, умеренно опасный и опасный) для основных типов почв тяжёлого, среднего и лёгкого гранулометрического состава (чернозёмов, тёмно-каштановых, луговых, светло-каштановых, бурых полупустынных и др.),



Таблица 2 – Обобщённая шкала почвенно-гидрогеолого-мелиоративной оценки качества поливных вод применительно к условиям Калмыкии

Класс качества воды	Типы (подтипы) почв и их классы	Уровень содержания солей, %	Концентрация ионов в воде (мг-экв./л), вызывающая опасность развития негативных процессов в почвах				Уровень водородного показателя в воде (рН)	Уровень залегания грунтовых вод (м), в зависимости от их минерализации (г/л)		
			Хлоридное засоление (Cl)	Натриевое осолонцевание (Na <sup>+</sup> /Ca <sup>2+</sup> )	Магниевое осолонцевание (Mg <sup>2+</sup> /Ca <sup>2+</sup> )	Содообразование [(CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> +HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )(Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup> )]		1-3	3-5	>5
<b>I (неопасный)</b>	Почвы глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава (чернозём, тёмно-каштановые, каштановые, светло-каштановые, луговые и др.) с ППК >30 мг-экв./100 г	0,2-1,0	<2,0	0,1-0,3	0,5-1,0	0,5-0,8	7,2-7,5	>2,5	>3,0	>3,5
	Почвы средне- и лёгко суглинистые (каштановые, светло-каштановые, бурые полупустынные, луговые и др.) с ППК 15-30 мг-экв./100 г	1,0-1,2	<2,5	0,3-0,5	0,8-1,2	0,8-1,0	7,4-7,6	>2,2	>2,7	>3,3
	Почвы супесчаные и песчаные (бурые полупустынные луговато-бурые и др.) с ППК 10-15 мг-экв./100 г	1,2-1,5	<3,0	0,5-1,0	<1,4	<1,1	7,6-7,8	>2,0	>2,5	>3,0
	Открытые пески с ППК < 10 мг-экв./100 г	2,5-6,0	<3,5	<1,2	<1,5	<1,2	7,6-7,8	>1,5	>2,0	>2,5
<b>II (малоопасный)</b>	Почвы тяжёлые	1,0-1,2	2,0-2,5	0,3-0,8	1,0-1,2	0,8-1,2	7,5-7,8	2,2-2,5	2,7-3,0	3,2-3,5
	Почвы средние	1,2-1,5	2,5-3,0	0,5-1,0	1,2-1,4	1,0-1,4	7,4-7,9	2,0-2,2	2,5-2,7	3,0-3,3
	Почвы лёгкие	2,5-4,0	3,0-4,5	1,0-1,3	1,4-2,0	1,1-1,8	7,7-8,0	1,8-2,0	2,2-2,5	2,7-3,0
	Открытые пески	6,0-9,0	3,5-5,0	1,2-1,5	1,5-2,2	1,2-2,0	7,8-8,3	1,5-1,8	2,0-2,2	2,5-2,7
<b>III (умеренно опасный)</b>	Почвы тяжёлые	1,0-1,3	2,3-3,0	0,8-1,2	1,2-1,6	1,2-1,6	7,8-8,0	2,0-2,2	2,5-2,7	3,0-3,2
	Почвы средние	1,5-2,0	3,0-4,5	1,0-1,5	1,4-1,8	1,4-1,8	8,0-8,3	1,8-2,0	2,2-2,5	2,7-3,0
	Почвы лёгкие	4,0-8,0	4,5-8,0	1,3-1,8	2,0-2,2	2,0-2,2	8,1-8,6	1,5-1,8	2,0-2,2	2,5-2,7
	Открытые пески	9,0-13,0	8,0-10,0	1,5-2,0	2,2-2,5	2,2-2,5	8,3-8,8	1,2-1,5	1,8-2,0	2,2-2,5
<b>IV (опасный)</b>	Почвы тяжёлые	>1,3	>3,0	>1,2	>1,6	>1,6	>8,0	>2,0	>2,5	>3,0
	Почвы средние	>2,0	>4,5	>1,5	>1,8	>1,8	>8,3	>1,8	>2,2	>2,7
	Почвы лёгкие	>8,0	>8,0	>1,8	>2,2	>2,2	>8,6	>1,5	>2,0	>2,5
	Открытые пески	>13,0	>10,0	>2,0	>2,5	>2,5	>8,8	>1,2	>1,8	>2,2

а также открытых песков. Учитываются уровень минерализации воды; концентрация определённых ионов, вызывающих опасность развития негативных процессов в почвах (хлоридного засоления натриевого и магниевого осолонцевания, содообразования); водородный показатель (рН) и допустимые глубины залегания грунтовых вод с учётом степени их минерализации. В более расширенном варианте, данная шкала позволяет производить качественную оценку поливных вод по вышеуказанным показателям с учётом уровня засоления почв.

Также разработана шкала градаций допустимых уровней минерализации поливной воды (г/л) для групп растений с различной степенью солеустойчивости (слабой и очень слабой, средней, сильной и очень сильной) и в зависимости от гранулометрического состава почв.

Таким образом, предлагаемая зональная шкала оценки качества поливных вод применительно к условиям Калмыкии позволяет определить химический состав по макрокомпонентам (ионам  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ), их количественное содержание и активную реакцию (рН), а затем осуществить оценку степени пригодности поливной воды для обеспечения экологической безопасности агроландшафта и высокой продуктивности при возделывании конкретного вида сельскохозяйственных культур в реально сложившейся почвенно-гидрогеолого-мелиоративной обстановке.

#### **Список использованных источников**

1. Безднина С.Я. Качество воды для орошения: принципы и методы оценки [Текст] – М.: Изд-во «РОМА», 1997. – 185 с.
2. Безднина С.Я. Экологические основы водопользования [Текст], М.: Изд. ВНИИА, 2005. – 224 с.
3. Временные рекомендации по технологии орошения морской водой сельскохозяйственных культур и древесно-кустарниковых насаждений в Дагестане [Текст]. – М.: ВНИИ-ГиМ, 1979. – 17 с.
4. Грамматикати О.Г. Условия применения для полива вод повышенной минерализации [Текст] // Повышение качества оросительной воды: сб. науч.тр. ВАСХНИЛ – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 62-68.
5. Зимовец Б.А. Проблемы почвенно-мелиоративной оценки качества поливной воды / Б.А. Зимовец, Н.Б. Хитров [Текст] // Повышение качества оросительной воды: сб. науч.тр. ВАСХНИЛ. – М.: Агропромиздат, 1990. – С.100-107.
6. Ковда В.А. Проблемы борьбы с опустыниванием и засолением орошаемых почв [Текст]. – М.: Колос, 1984. – 304 с.
7. Комплексное использование водных ресурсов Республики Калмыкия / Сост. Ред. С.Б. Адьяева, Э.Б. Дедовой, М.А. Сазанова [Текст]– Элиста: ЗАО «НПП «Джангар», 2006. – 200 с.
8. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: Справочник / Под общ. ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 432 с.
9. Методическое руководство по критериям оценки мелиоративного состояния орошаемых земель Поволжья. – Саратов: НПО ВолжНИИГиМ», 1991. – 46 с.
10. Справочное руководство гидрогеолога. Т.1 – Изд. 3-е, перераб. И доп. / Под ред. проф. В.М. Максимова [Текст] – Л.: Недра, 1979. – 512 с.
11. Фондовые материалы КФ ГНУ ВНИИГиМ – Элиста, 1973-2014.
12. Шумаков Б.Б. Перспективы морской ирригации / Б.Б. Шумаков, Г.Г. Шиллер, Е.В. Ашихмина [Текст] //Вестник с.-х. науки. – 1975 - № 12.- С. 67-78.

**ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД С ОСУШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНЫЕ ВОДОЕМЫ****Е.Б. Стрельбицкая, А.П. Соломина**

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Характер и интенсивность изменений объемов и показателей гидрохимического состава, формирующегося в пределах мелиорируемой территории и отводимого в природные воды дренажного и поверхностного стока, зависит от ряда природных и антропогенных факторов. На интенсивность процесса выноса химических веществ дренажно-сбросными водами (ДСВ) мелиоративных систем в природные водоемы Нечерноземной зоны России главным образом влияют: климатические условия, рельеф местности и тип водного питания территории, механический состав почв и наличие в них питательных веществ, конструктивные особенности и техническое состояние осушительных систем, а также характер сельскохозяйственного использования мелиорируемых почв.

Изменение качества природных вод наблюдается в отдельные периоды эксплуатации осушительных систем. С дренажным стоком в природные водные объекты попадает большое количество минеральных и органических соединений (часто превышающие ПДК), негативные последствия этого проявляются, наряду с ухудшением показателей качества воды водоемов, в увеличении уровня их продукционно-биологических процессов в результате возрастающего поступления питательных для водных организмов веществ (в первую очередь фосфора и азота). Это изменяет ряд режимных характеристик водных объектов и оказывает существенное влияние на структуру и функционирование водных экосистем, выражающееся в возрастании биомассы фитопланктона вплоть до «цветения» синезелеными и другими водорослями, чрезмерном зарастании водоемов, усилении в них процессов осадконакопления и заиления. Кроме того, в водоемах происходит ухудшение кислородного режима вследствие использования значительной части растворенного в воде кислорода на минерализацию поступающего с водосбора, а также избыточного образования в самом водоеме, органического вещества.

Согласно ст. 43 Федерального закона № 7 «Об охране окружающей среды» [13], при осуществлении мелиорации земель, проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации мелиоративных систем должны приниматься меры по охране, а также предупреждению негативного воздействия на окружающую среду, в том числе на природные водные объекты. Мелиорация земель не должна приводить к ухудшению состояния окружающей среды, нарушать устойчивое функционирование естественных экологических систем.

На федеральном балансе остались только крупные гидротехнические сооружения, магистральные каналы и межхозяйственные системы, а мелиоративные системы общего и индивидуального пользования перешли в пользование субъектов РФ и сельскохозяйственных товаропроизводителей, которые оказались не готовыми к эффективному использованию мелиорированных земель и квалифицированной эксплуатации мелиоративных систем [5].

При определении требований к безопасному уровню воздействия мелиоративных систем следует устанавливать лимитирующие с точки зрения экологии факторы и их предельные значения. Оценка изменений качества природных вод, находящихся под действием осушительных мелиораций и факторов, обуславливающих эти изменения, становится важным составляющим звеном при разработке мероприятий по предотвращению их загрязнения. При этом необходим комплексный подход, то есть систематизация и классификация тех факторов, которые в результате осушения переувлажненных массивов являются определяющими в формировании и изменении состава дренажных и поверхностных вод осушительной сети. Воздействием на эти факторы представляется возможным управление объемами и качеством дренажно-сбросных вод с целью снижения негативного воздействия на природные водные объекты, являющиеся их водоприемниками.

Любая оценка техногенного воздействия на окружающую среду, в том числе на водные объекты, имеет смысл лишь в контексте изменений их качества, влияющего на биосферу в целом и возможность использования для разных категорий водопользователей. Правильная оценка воздействия является первым шагом в разработке адекватных мер предотвращения или уменьшения его нежелательного уровня. Экологическая оценка основана на простом принципе: легче выявить и предотвратить негативные для окружающей среды последствия деятельности на стадии ее планирования, чем обнаружить и исправлять их на стадии осуществления этой деятельности. Она позволяет учитывать экологические факторы, изменения в компонентах окружающей среды уже на стадии планирования и принятия решений об осуществлении той или иной деятельности. Для возможности анализа источников и факторов воздействия, применения на практике его результатов, экологическая оценка должна быть сконцентрирована на наиболее важных, ключевых воздействиях [3].

Основу российской системы экологической оценки составляют экологическая экспертиза (организуемая государственными природоохранными органами) и оценка воздействия на окружающую среду или ОВОС (проводимая заказчиками документации, подлежащей экспертизе). ОВОС представляет собой процедуру в системе принятия экологически ориентированного управленческого решения о реализации намечаемой хозяйственной деятельности посредством определения возможных неблагоприятных воздействий, оценки экологических последствий, разработки мер по уменьшению и предотвращению воздействий [8].

Помимо «Положения об оценке воздействия» существует ряд других нормативных документов, регулирующих проведение оценки воздействия на окружающую среду. Наиболее значительными из них являются документы Госстроя России (строительные нормы и правила, своды правил), в требованиях которых к проектной документации находят отражение экологические характеристики намечаемой деятельности.

ОВОС производится для всех видов деятельности, документация которой подлежит направлению на ГЭЭ (государственную экологическую экспертизу). Мелиоративные системы площадью более 1000 га, магистральные каналы числятся в Перечне видов и объектов хозяйственной деятельности на территории РФ, для которых разработка ОВОС проводится в обязательном порядке.

Процесс экологической экспертизы гидромелиоративных систем требует для своего проведения большого количества материалов, в том числе сведений и данных из различных областей знаний, таких объемных как естественнонаучные, инженерно-технические, социально-экономические. В этой связи, становится необходимым упорядочить и синтезировать информацию по процессам, происходящим в природной среде при гидромелиорации сельскохозяйственных земель до такой формы, которая позволила бы облегчить трудоемкий процесс экологического экспертирования при одновременном повышении его объективности и функциональной эффективности [6].

В общем случае, основным результатом ОВОС является информация о характере и масштабах воздействия на окружающую среду намечаемой деятельности, оценке экологических последствий этого воздействия и их значимости, возможности минимизации воздействий. В перечень основных задач, которые должны быть решены в процессе оценки воздействия, входят следующие [3]:

1. Оценка состояния окружающей среды, т.е. определение ее исходных (фоновых) характеристик и параметров компонентов, которые могут быть затронуты в процессе хозяйственной деятельности. Основным методом получения оценки является проведение геоэкологических и инженерно-экологических изысканий и комплекса лабораторных исследований. Полученные фоновые характеристики являются фактографической базой экологического контроля и мониторинга деятельности.

2. Выявление основных факторов и видов вредного воздействия в связи с реализацией деятельности: загрязнение подземных и поверхностных вод, почв; определение лимитирующих экологических факторов устойчивости и уязвимых звеньев геосистемы и пр.

3. Обоснование показателей предельно допустимого воздействия и правил природопользования, исходя из лимитирующих экологических факторов намечаемого вида деятельности. Нормативы и правила должны обеспечить устойчивое развитие биогеоценозов в рамках природных или природно-технических систем.

4. Создание условий для поиска оптимальных инженерных, технических, технологических решений, способствующих минимизации неблагоприятных воздействий на окружающую среду, и разработка мер компенсации вероятных неблагоприятных последствий деятельности.

5. Разработка рекомендаций и мероприятий по ограничению или нейтрализации основных видов воздействий, включая мероприятия с учетом лучших мировых достижений в этой области, использования малоотходных технологий, оборотных систем водоснабжения, систем защиты окружающей среды (прежде всего очистки сбросов). Эти меры должны учитывать специфику технологических циклов и свойства загрязняющих веществ, образующихся в процессе реализации деятельности.

Существующая система нормативного обеспечения и стандартизации в мелиорации отличается преобладанием строительных норм и правил (СНиП) с сопутствующими нормативно-методическими документами (ведомственные строительные нормы (ВСН), пособия к СНиП, методические указания (МУ) и т.п.), на основе которых выполняются основные виды проектных и строительных работ. Вопросы эксплуатации мелиоративных объектов не отражаются в полном объеме,

должным образом не регламентируются и не детализируются [11]. До сих пор не приняты предусмотренные Федеральным законом «О мелиорации земель» нормативные акты и требования, предъявляемые к осуществлению деятельности на мелиорируемых землях. Правила эксплуатации мелиоративных систем требуют актуализации, поскольку не соответствуют нормам Федерального закона «О техническом регулировании». Кроме того, до сих пор не определен уполномоченный государственный контрольно-надзорный орган в области мелиорации земель [2].

Для оценки возможности загрязнения водоприемников дренажно-сбросными водами необходимо устанавливать периоды, в которые создаются наиболее неблагоприятные условия для водного объекта, и возникает наибольшая вероятность его загрязнения. Основными периодами для оценки влияния мелиоративных систем на качество природных вод являются: спад весеннего половодья (предпосевной период), периоды летне-осенних дождевых паводков и летне-осенней межени.

По результатам многолетних исследований ВНИИГиМ установлено, что наиболее опасными в экологическом отношении для р. Яхромы (перегноиторфяные почвы поймы) являются периоды конца зимы, начала весеннего половодья и летней межени, которые следует включать в расчетные периоды при прогнозе влияния дренажного стока на качество воды водоприемника. С точки зрения параметров загрязнения реки наибольшую опасность представляет вынос дренажными водами ионов  $Fe_{\text{общ.}}$ ,  $NH_4^+$ ,  $SO_4^{2-}$  и органического вещества. Концентрации аммонийного азота превышали предельно-допустимые концентрации (ПДК) в среднем в 2 - 4 раза, а в отдельные периоды до 10 - 21 раз. Допустимые концентрации содержания органического вещества (по значениям перманганатной и бихроматной окисляемости) в водах осушительной сети были превышены по средним значениям более чем в 2 - 3 раза, в летние периоды – более чем в 5 раз.

Для торфяных почв наиболее вероятно превышение ПДК аммиачным азотом, калием, магнием, сульфатами, хлоридами, натрием и органическим веществом – летом; железом и кальцием – осенью. Для дерново-подзолистых почв характерны максимальные концентрации фактически всех ингредиентов дренажного стока для периода осень - зима (за исключением фосфора и органического вещества), что объясняется недостатками агротехники выращивания сельскохозяйственных культур: осенняя вспашка, внесение в этот период основной дозы минеральных удобрений, отсутствие защитного действия растений. Концентрация же веществ в весеннем стоке с дерново-подзолистых почв минимальная. Содержание таких составляющих стока, как нитраты, кальций, магний на минеральных почвах выше, чем на торфяных, остальных химических элементов, как правило, ниже.

Для оценки влияния ДСВ на качество воды в водоприемнике при функционировании мелиоративной системы и при сельскохозяйственном производстве на осушаемой территории следует определять объем дренажного стока и концентрацию химических веществ в устье осушительной системы, а также концентрацию химических веществ в природном водоеме выше и ниже впадения магистрального канала (дрены) на расстоянии 1 км от устья. Для принятия решений о возможности сброса дренажно-сбросных вод в водоприемники с учетом предотвращения отрицательных воздействий на природную среду следует выполнять сравнение концентраций загрязняющих компонентов с их предельно допустимыми концентра-

циями, которые по своей сути являются основными показателями в системе управления качеством воды.

Отбор проб воды на химический анализ и определение концентрации и количественных показателей выноса химических веществ с осушаемого объекта следует производить в расчетные гидрологические периоды в зависимости от способа мелиорации, типа почв, степени их окультуренности, а также сельскохозяйственного использования земель. Определение концентраций и расчеты выноса компонентов состава сбросных вод необходимо выполнять для осушаемого объекта и примыкающей к нему территории в пределах площади водосбора устьевого створа магистрального канала на основе Руководства [1], практических рекомендаций [9], «Методики расчета выноса...» [7,10], а также пособия по проектированию [4].

Условия отведения дренажных и поверхностных вод с мелиорируемых земель не должны приводить к превышению ПДК загрязняющих веществ в воде водных объектов с учетом разных категорий водопользования (питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение, рыбное хозяйство).

Основными показателями при оценке качества воды в водоприемнике осушительных систем являются: прозрачность, цвет, запах, концентрация взвешенных веществ, кислотность (рН), растворенный в воде кислород, гуминовые вещества, органические и минеральные азот и фосфор, калий, натрий, кальций и железо. В воде водоприемников указанные вещества должны быть в границах ПДК, а приведенная концентрация всех загрязняющих веществ (по группам одинакового лимитирующего показателя вредности) не должна превышать единицы, даже если в сбросной воде концентрация отдельных элементов может быть выше ПДК, то есть должно выполняться нормативное условие:

$$\sum C_i / \sum \text{ПДК}_i < 1, (1)$$

где  $C_i$  – концентрация вещества  $i$  в водном объекте, мг/дм<sup>3</sup>;  $\text{ПДК}_i$  – предельно-допустимая концентрация этого вещества, мг/дм<sup>3</sup>.

Проведение контроля за выносом биогенных веществ с осушаемых почв на конкретном объекте осушения, а также прогноз выноса и его влияние на природные воды с целью снижения негативного воздействия включает:

- определение местоположения и площади водосбора осушительной системы;
- оценку конструктивных особенностей системы;
- характеристику почвенно-климатических условий объекта;
- проведение наблюдений за атмосферными осадками, поверхностным и дренажным стоком;
- оценку сельскохозяйственного использования земель;
- сведения по нормам, срокам и способам внесения удобрений и пестицидов, применяемых при различных севооборотах;
- проведение наблюдений на осушительной сети и естественных водотоках, используя единую методику по измерению выходных параметров, основными из которых являются концентрации вещества и объема стока;
- обработку и оценку результатов наблюдений;
- обобщение данных, выведение теоретических зависимостей, описывающих процесс выноса;
- определение расчетных параметров для составления прогноза;

- назначение на этой основе целенаправленных водоохраных мероприятий с учетом основных факторов, влияющих на размеры выноса.

Полученные в ходе исследований удельные показатели (количество загрязняющих примесей, формирующихся и поступающих с единицы площади в кг/га или кг/км<sup>2</sup> в водоприемник) позволяют оценить степень неравномерности формирования загрязнений на водосборе, что должно приниматься во внимание при разработке водоохраных мероприятий и очередности их ввода. Система показателей для оценки воздействия дренажно-сбросных вод гидромелиоративных систем (ГМС) на природные воды и выявления элементов системы, с помощью которых представляется возможным управление объемами и качеством ДСВ с целью снижения их негативного воздействия на водоприемники, приведена в таблице 1.

Показатели оценки экологической безопасности мелиоративных систем для окружающей среды (в том числе водной), методы сбора и анализа информации, требования к детальности и формам представления результатов анализа существенно зависят от стадии, масштаба мелиоративного проекта, природных условий, предполагаемого использования мелиорируемых земель. Выбор показателей должен быть ориентирован на решение следующих задач [12]:

- оценка экологического состояния действующих мелиоративных систем и прилегающих к ним территорий;

- мониторинг экологически неблагоприятных изменений на мелиорируемых и прилегающих к ним территориях;

- разработка мероприятий по предотвращению развития неблагоприятных, экологически опасных процессов на прилегающих территориях (в том числе изменения параметров действующих мелиоративных систем путем их реконструкции и изменения режимов функционирования);

- проведение экологической и эколого-экономической экспертизы при обосновании создания и реконструкции мелиоративных систем;

- выбор рационального варианта природопользования;

- совершенствование функционирования мелиоративной системы;

- предотвращение необратимых изменений экосистем;

- оперативное принятие решений при возникновении аварийных ситуаций на мелиоративных системах;

- создание нормативной базы для оценки экологической безопасности мелиоративных систем.

Общие требования к выбору показателей (параметров) состоят в получении их значений по стандартной информации, имеющейся в проектных и эксплуатационных организациях и в использовании современных и перспективных методов получения, обработки и хранения информации; возможности анализа динамики экологических процессов и построения комплексных оценок экологической обстановки по выбранным показателям; возможности их использования в системах принятия решений по управлению мелиоративными системами.

Таблица 1 – Система показателей для оценки воздействия дренажно-сбросных вод ГМС на природные воды и выявления элементов системы для управления объемами и качеством ДСВ

Сокращения: ДСВ – дренажно-сбросные воды; ГМС – гидромелиоративная система; ОУС – осушительно-увлажнительная система; УГВ – уровень грунтовых вод; ПВ – полная влагоемкость; с.х. – сельскохозяйственные; S – площадь

Факторы, определяющие объемы и качество ДСВ		Состав показателей оценки	Примы регулирования объемов и качества ДСВ
1	2	3	4
Природные условия водосборной территории	Климатические	Количество выпадающих осадков (мм) и их распределение по сезонам; химический состав атмосферных осадков (мг/л)	Рациональные конструкции и параметры ОУС (на стадии проектирования и строительства)
	Гидрогеологические условия и геологическое строение	Глубина залегания поглощающего горизонта, его мощность (м); наличие перекрывающих и подстилающих горизонтов водоупоров, их мощность (м); коэффициент фильтрации поглощающего слоя, водоупоров, м/сут; водопроницаемость поглощающего горизонта, м <sup>2</sup> /сут; направленность потока грунтовых вод, глубина УГВ (м); минерализация и химический состав грунтовых вод (мг/дм <sup>3</sup> )	Поддержание нормативных значений УГВ и влажности почв
	Геоморфологические, рельеф местности	Площадь водосбора (га), средний уклон водосбора (град); формы рельефа (водораздельные пространства, склоны, долины); морфометрические показатели рельефа: длина склонов (м), высота (м), крутизна (град), густота и глубина расчленения (м)	Соблюдение режимов осушения и полива, приемов обработки почвы для снижения эрозионных процессов
	Почвенные (изменение почвообразовательных процессов)	Тип почв, их механический состав, водно-физические и агрохимические свойства почв; масса органического вещества (т/га); мощность торфяного слоя (см, % к исходной); объемная масса органогенного слоя (г/см <sup>3</sup> ); влагоемкость (%) и влагозапасы (мм); влажность почвы (% от веса сухой почвы; % от ПВ); запасы почвенного воздуха (% от объема почвы); содержание подвижных форм фосфора и калия (мг/100 г почвы); запасы питательных веществ (т/га); их вынос (кг/га); степень разложения, зольность органогенного слоя (%); осадка и сработка торфа, разрушение гумусового горизонта минеральных почв (см/год)	Окультуривание (добавки минерального грунта для торфяных, известкование кислых) почв  Обеспечение оптимальных показателей водного и питательного режима почв, предотвращающих вынос биогенных веществ

1	2	3	4
Инженерно-конструктивные особенности гидромелиоративной системы	Вид конструкции осушительной системы и ее техническое состояние	Осушительная, осушительно-увлажнительная, водооборотная; открытая сеть каналов, закрытый дренаж; параметры дренажа: глубина дренажа, расстояние между дренами	Рациональные конструкции и параметры (на стадии проектирования и строительства)
	Управление режимами осушения и увлажнения почв	Нормы осушения (м) и увлажнения (мм, м <sup>3</sup> /га) в зависимости от типов почв (торфяные, минеральные); влажность почвы (% от веса сухой почвы; % от ПВ); запасы почвенного воздуха (% от объема почвы); допустимые сроки затопления поверхности; сроки освобождения пахотного горизонта от гравитационной воды (сут.)	Поддержание нормативных значений УГВ и влажности почв. Соблюдение осушительных и поливных норм в зависимости от типов почв и сроков вегетации с.х. культур
	Наличие природоохранных устройств и сооружений	Концентрация основных загрязняющих компонентов (качественный состав) дренажно-сбросных вод (мг/л)	Очистка дренажного и поверхностного стока: применение отстойников, аэрации, фильтрующих устройств и др.
Эксплуатационные (организационно-хозяйственные) условия	Внесение удобрений	Виды, формы и дозы минеральных (кг/га д.в.) и органических (т/га) удобрений; сроки внесения; способы внесения	Соблюдение научных основ агрономической технологии применения удобрений в севообороте и под отдельные культуры Дозированное внесение; увязка со сроками вегетации с.х. культур и уровнем плодородия почв
	Агротехника возделывания с.х. культур	Приемы обработки почвы и посева с.х. культур	Минимизация системы обработки почвы
	Севообороты	Подбор и оптимизация севооборотов Структура посевных площадей (соотношение площадей, занятых под чистый пар, пропашные культуры, травы)	Рациональная структура посевных площадей Введение луго-пастбищных севооборотов
	Проведение наблюдений (измерений) за объемами и качеством ДСВ	Система (сеть) точек наблюдения: места, устройства и способы отбора представительных проб, методы их анализа, частота отбора в расчетные периоды; объемы ДСВ (л/с, м <sup>3</sup> /с, м <sup>3</sup> /га (за месяц, год и т.д.)); общая минерализация и концентрация основных загрязняющих компонентов ДСВ (мг/л)	Мониторинг качества и объемов дренажно-сбросных вод для проверки соответствия параметров установленным требованиям (нормативам)

Результатом оценки изменений качества природных вод, находящихся под действием осушительных мелиораций и факторов, обуславливающих эти изменения, является возможность разработки приемов регулирования и управления выносом загрязняющих компонентов мероприятиями на мелиорируемом объекте, как на этапе проектирования и строительства ГМС, так и при их эксплуатации и сельскохозяйственном использовании осушаемых земель. А реализация комплекса инженерно-технических, организационно-хозяйственных и агротехнических мероприятий, направленных на минимизацию объемов ДСВ и повышение их качества позволит снизить негативное воздействие на природные воды.

### **Список использованных источников**

1. ВТР-П-30-81. Руководство по определению расчетных концентраций минеральных, органических веществ и пестицидов в дренажном и поверхностном стоке с мелиорируемых земель. – М., 1982. – 44 с.
2. Герасимов, А.А. Правовое обеспечение мелиорации земель [текст] / А.А. Герасимов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 3(11), 2013. – С.1-21.
3. Донченко, В.К. Экологическая экспертиза [текст] / В.К. Донченко, В.М. Питулько, В.В. Растоскуев и др.; под ред. В.М. Питулько. – М: Изд. Центр «Академия», 2004. – 480 с.
4. Дунаев, А.И. Оценка воздействия и природоохранные мероприятия при осушении сельскохозяйственных земель [текст] / А.И. Дунаев // Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. — Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2013. – 132 с.
5. Концепция федеральной целевой программы "Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 - 2020 годы" (утв. распоряжением Правительства РФ от 22.01. 2013 г. № 37-р) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70204250>
6. Коренева, И.Б. Концепция подхода для разработки метода синтеза данных экспертной оценки состояния природной среды района размещения гидромелиоративной системы / И.Б. Коренева, 1992 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.koreneva.com/1212527262.php>
7. Методика расчета выноса биогенных веществ и оценка перспективного состояния загрязненности малых рек. 0212.19-99 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.levonevski.net/pravo/norm2013/num54/d54494.html>
8. Положение об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации: Приказ Госкомэкологии РФ от 16.05.2000 № 372.
9. Практические рекомендации для расчета качества сбросных вод мелиоративных систем Нечерноземной зоны РСФСР и вод водоприемников. – Л.: Ленгипроводхоз, 1986. – 91 с.
10. Расчет поступления биогенных элементов в водоемы для прогноза их эвтрофирования и выбора водоохраных мероприятий" – М, 1989. – 48 с.
11. Сенчуков, Г.А. Состояние и тенденции развития системы стандартизации в области мелиорации [текст] / Г.А. Сенчуков, В.В. Слабунов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В.Н. Щедрина. – Новочеркасск: ООО «Геликон», 2010. – Вып. 44. – С. 6-14.
12. Слабунов, В.В. Обеспечение экологической безопасности мелиоративных систем [текст] / В.В. Слабунов, О.В. Воеводин, А.Л. Кожанов, С.Л. Жук // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: ООО «Геликон», 2010. – Вып. 44. – С. 39-45.
13. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.consultant.ru/popular/okrsred/>

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ В  
ИВАНЬКОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ****Г.Ю. Толкачёв**

Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

В настоящей работе на примере Иваньковского водохранилища показана специфика формирования качества вод в поверхностных источниках водоснабжения и перечислены проблемы, возникающие при перспективном планировании водоохраных мероприятий.

Сосредоточие сброса сточных вод промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных предприятий поддается контролю и регулируемому воздействию. Талые и ливневые стоки с городских территорий и промышленных площадок, животноводческих комплексов контролируются и поддаются регулируемому воздействию только в случае их канализования и стопроцентной очистки. Рассредоточенные или диффузные источники загрязняющих веществ, характерные для сельхозугодий, отличаются большим динамизмом функционирования и существенной нестационарностью воздействия.

Исследования, проводимые ИВП РАН на водосборной территории Иваньковского водохранилища, показали значительную роль как сосредоточенных, так и диффузных источников в загрязнении волжских вод.

Сбросы загрязняющих веществ с городских станций очистки в значительной степени определяют уровень загрязнения незарегулированного участка Верхней Волги и Иваньковского водохранилища. Вопреки широко распространённому мнению, поверхностный сток с городских территорий и промплощадок, который практически не ощущается, незначительно влияет на поступление в водный объект общего фосфора, общего азота и тяжёлых металлов (ТМ). Исключение составляют нефтепродукты, чей вклад в общий баланс поступления в воду доминирует. Сельхозугодья более значимо загрязняют воды азотом, фосфором, железом, ТМ. Особенно интенсивно протекает вынос этих загрязняющих веществ в весенний период с поверхностным стоком.

Индивидуальные системы очистки хозяйственно-фекальных стоков коттеджных установок не выдерживает никакой критики и контроль их работы практически невозможен. Даже высокотехнологичные системы очистки сточных вод, производимые зарубежными фирмами, не могут решить проблему неконтролируемых сбросов хозяйственно-фекальных стоков из-за трудностей эксплуатации (частые поломки и сложный ремонт, дефицит расходных материалов и фильтрационной загрузки, их высокая стоимость, ненадёжная подача электроэнергии и т.д.). Чаще всего используются подземные трубопроводы, с помощью которых неочищенные стоки тайно сбрасываются в водоём. Диффузные смывы с территорий садовых товариществ и коттеджей также участвуют в бесконтрольном загрязнении источника питьевого водоснабжения столицы. Интенсив-

ное коттеджное и дачное строительство, широкое использование берега при организации отдыха привели к уничтожению прибрежных лесов. Барьерные функции водоохраной зоны и прибрежной защитной полосы на значительной части побережья водохранилища практически утрачены.

Новый Водный кодекс РФ существенно сузил границы водоохранных зон для озёр и водохранилищ с 500 до 50 м. Исключены ограничения на размещение объектов, исходя из требуемой удалённости строений и обрабатываемых земельных участков от уреза воды в зависимости от уклона местности. Отменены именно те нормативы, которые регулируют дачно-коттеджную застройку побережий. Имеющиеся противоречия с новым Водным кодексом, интенсивное дачно-коттеджное строительство, чрезмерная рекреационная нагрузка практически уничтожили водоохранную зону и превратили её в серьёзный источник неконтролируемого загрязнения водных объектов.

Все источники диффузного загрязнения являются источниками периодического действия и непосредственно влияют на процесс формирования качества воды в весенне-летне-осенний период. Большинство их находится на площади водосбора и состояние водосбора в значительной степени определяет процессы формирования качества воды в водном объекте, т.к. неравномерно поступающие с водосбора вещества принимают участие во всех протекающих в водохранилище внутриводоёмных процессах, определяя их направленность и масштабность. Именно сочетание процессов, протекающих на водосборе и в водоёме, формирует гидрохимический режим Иваньковского водохранилища.

Характерной особенностью Иваньковского водохранилища, существенно влияющей на химический состав его вод, является зарастание мелководий высшей водной растительностью. В настоящее время площадь заросших мелководий составляет около 26% от площади акватории и 54,3% от площади мелководий. При этом не происходит увеличение площадей зарастания, наблюдается уплотнение растительных ассоциаций. Изменения наблюдаются в распределении растительности в пределах зоны зарастания. Результатом перераспределения видов растений в пользу болотных явилось сплавинообразование, зачатки которого уже отмечались в начале 60-х годов прошлого столетия. Сплавины возникают, как правило, в группировках воздушно-водных растений – наиболее продуктивных гидрофильных растительных сообществах (500-1600 г/м<sup>2</sup> воздушно-сухого веса) при слабой гидродинамической активности на глубине 60-80 см.

Водная растительность играет важную роль в биологическом режиме, биотическом балансе и процессах формирования качества воды. Значение её разнообразно и неоднозначно. Поглощая минеральные вещества, в том числе и биогенные элементы, и развиваясь на границе раздела вода-суша, сообщества гидрофильных растений образуют естественный фильтр между водосбором и водоёмом. Кроме того, роль растительного покрова как естественного биофильтра определяется способностью осаждать в воде частицы, извлекать из воды и разлагать или усваивать фенолы, нефть, тяжёлые металлы, радионуклиды,

пестициды, некоторые экзогенные органические соединения. Влияние растительности на качество воды мелководной зоны не ограничивается положительными процессами изъятия ряда веществ. При чрезмерном развитии растительности характер процесса может быть отрицательным.

Водохранилище характеризуется удовлетворительным кислородным режимом. Максимальные концентрации растворённого кислорода отмечаются летом во время цветения воды и осенью в период осенней гомотермии в пределах 12,7-17,7 мг/л. Минимальные концентрации наблюдаются в основном в зимний период и составляют 4,5-5,1 мг/л, изредка могут достигать и 2,5 мг/л. Среднегодовые значения составляют 8,5-9,3 мг/л. Средние концентрации по сезонам: зимний – 3,8; весенний – 9,5; летний – 7,7; осенний – 9,2 мг/л.

Наблюдаемый в настоящее время процесс заболачивания в местах активного сплавинообразования приводит к появлению растворённого сероводорода. Содержание сероводорода в сплавинном комплексе достигает значительных величин, что в целом влияет на гидрохимический режим данного района. Наиболее неблагоприятные условия складываются на участках сплавинообразования в закрытых заливах в районе о. Низовка, в верховьях Шошинского плёса, в заливах Иваньковского плёса.

Наибольшие концентрации органического вещества в водах водохранилища, измеренные в единицах ХПК, характерны для летнего периода, причём на верхних участках водохранилища его концентрация в основном определяется аллохтонной органикой и хорошо коррелирует с показателем цветности вод, а в нижних участках Иваньковского плёса усиливается роль автохтонной органики. Преобладающее количество органического вещества в водах водохранилища приходится на гуминовые кислоты (ГК) и фульвокислоты (ФК), представляющие собой биохимически устойчивые, преимущественно высокомолекулярные полифункциональные соединения, обладающие свойствами слабых кислот. Соотношение СФК/СГК изменяется от сезона к сезону. Для летне-осеннего сезона среднее значение этого содержания равно 0,4, в зимний период – 0,12, в весенний – 0,14-0,16.

Легкоокисляемые органические соединения, измеряемые в единицах БПК<sub>5</sub>, в основном представлены низкомолекулярными ациклическими органическими кислотами, углеводами, аминокислотами, пептидами, спиртами и т.д. Их содержание не превышает 3,0 мгО/л в летне-осенний период, что соответствует нормативным требованиям и свидетельствует о достаточной самоочищающей способности легкоокисляемой органики в водохранилище. Высокое содержание растворённых в воде аллохтонных органических веществ гумусовой природы создаёт проблемы с водоподготовкой, особенно в зимний период. Образующиеся после обработки воды активным хлором соединения, такие как хлороформ, трихлорэтилен, тетрахлорметан, дихлорметан, бензол, обладают определёнными канцерогенными свойствами даже при концентрациях в питьевой воде ниже принятых в России ПДК.

Наибольшие концентрации нитратов наблюдаются в зимнюю межень, ко-

гда в водохранилище поступает значительное количество обогащённых нитратами подземных вод, а потребление этой формы азота экосистемой минимально. В летне-осенний сезон потребление нитратов экосистемой происходит особенно интенсивно, что резко снижает концентрацию нитратов в воде. Увеличение концентрации аммонийного азота весной по сравнению с зимней меженью объясняется его смывом поверхностным талым стоком с водосбора. В летнее время концентрации аммонийных форм азота сопоставимы с весенними, но уровень его содержания в водах на порядок ниже чем содержание нитратов.

Содержание фосфат-иона также меняется по сезонам: максимальные концентрации наблюдаются в зимний и осенний период и не превышают 0,25 мг/л. В летний период фосфат-ион активно потребляется экосистемой с очень высокой степенью оборота. Поскольку биогенные элементы вызывают интенсивное развитие сине-зелёных водорослей, очень важно оценить верхний уровень их содержания, при котором массовое развитие микроводорослей не произойдёт. Выполненные расчёты показали, что предельно-допустимая концентрация (ПДК) по фосфору, при которой биомасса фитопланктона не превышает своего фонового значения (0,81 мг/л), составляет 0,07 мг/л, а азота 1,5 мг/л.

Концентрация общего железа в водах водохранилища обычно превышает ПДК (от 3 до 8 раз) во все сезоны года, что объясняется его интенсивным выносом с водосбора. Высокие концентрации в водах водохранилища во все сезоны характерны и для марганца. Во всех створах наблюдалось повышение концентрации нефтепродуктов в водах, в особенности в зимнюю межень (до 10 ПДК). Весной содержание нефтепродуктов ниже, чем в зимний период, но также превышает ПДК (в створе Конаково до 4,5 ПДК). Каких-либо закономерностей в распределении нефтепродуктов по длине водохранилища не выявлено. На приплотинном участке водохранилища в зимний период диапазон концентраций колеблется от 0,01 до 0,3 мг/л, средняя концентрация – 0,12 мг/л; в осенний период – от 0,06 до 0,5 мг/л, средняя – 0,17 мг/л. Приоритетными загрязняющими веществами водохранилища являются: железо общее, марганец, нефтепродукты, ион аммония. Для водохранилища характерны высокая цветность воды и высокие значения перманганатной окисляемости.

Ранее существовало мнение, что донные отложения (ДО) Иваньковского водохранилища сильно загрязнены тяжёлыми металлами (ТМ) и был возможен их переход в водную толщу. При проведении исследований ДО в 2001-2002 годах было установлено, что уровень загрязнения в последние годы значительно снизился. Однако вынос ТМ в воду зависит не только от их количества, но в большей степени от форм их существования в твёрдой фазе ДО.

Данные свидетельствуют, что масса подвижных форм ТМ в 10-см слое ДО в плёсах водохранилища весьма значительна. Максимальная масса в Волжском плёсе наблюдаются для Zn, Cr, Cu, Mn, Fe; в Шошинском плёсе для Zn, Cr, Mn, Fe; в Иваньковском для Zn, Cr, Cu, Mn, Fe. Масса Cd во всех плёсах невелика. Закономерности распределения элементов по различным формам их существования по сезонам соответствуют закономерностям, выявленным на стан-

циях наблюдения. По суммам подвижных форм наибольшие показатели отмечены у замыкающего Шошинского плёса.

В ДО идёт накопление Fe, Pb, Co на всех плёсах водохранилища в формах, связанных с взвешенным веществом, детритом, сорбированных поверхностным слоем ДО. Такие элементы, как Zn, Cu, Cr, Ni, Cd преимущественно выносятся из ДО в водную массу в виде растворённых соединений. Наиболее масштабный вынос наблюдается у Zn, Cr, Cu в Волжском и Ивановском плёсах, отличающихся значительной проточностью. Однако в настоящее время вынос данных элементов из ДО не оказывает существенного влияния на качество воды Ивановского водохранилища.

Проведенный анализ характеристик качества вод Ивановского водохранилища позволяет сделать вывод о следующих основных негативных факторах:

- загрязнение воды и донных отложений контролируемыми и неконтролируемыми источниками антропогенного загрязнения, находящимися не на его водосборной территории;

- высокая цветность природных вод;

- несанкционированная застройка водоохраной зоны, её деградация и фактическая ликвидация;

- заболачивание мелководий и замор рыбы на них;

- неорганизованная рекреация в пределах водоохраной зоны;

- наличие затопленных скотомогильников;

- фактическое отсутствие контроля за источниками антропогенного загрязнения;

- недостаточная изученность процессов самоочищения и вторичного загрязнения воды.

Эти проблемы характерны для подавляющего числа поверхностных источников водоснабжения населённых пунктов Российской Федерации.

## ***ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕЛИОРАЦИИ***

УДК 633.2:631.67

### **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОРМОПРОИЗВОДСТВА В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**В.В. Бородычев, М.Н. Лытов**

Волгоградский филиал ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Волгоград,  
Россия

Общее состояние отрасли животноводства в Волгоградской области и, в целом, по России можно уверенно охарактеризовать как кризисное. В соответствии с утвержденной Доктриной продовольственной безопасности России до-

ля импорта продуктов питания не должна быть более 10 %. Современные объемы производства продукции животноводства в России в денежном эквиваленте составляют 789,1 млрд. руб., в то время как импортируется – на сумму 187,5 млрд. руб. Это составляет почти четверть от стоимости продукции животноводства производимой в России [1, 2]. Как видно, превышение допустимого уровня импортозамещения более чем двукратное. Безусловно, необходимо учитывать прямую зависимость состояния отрасли животноводства от уровня развития кормопроизводства. Объемы производства и себестоимость кормов непосредственно определяют цену продукции животноводства, а, следовательно, и ее конкурентоспособность в условиях рыночной экономики. Создание стимулов для развития кормопроизводства в стране является главным условием увеличения объемов производства продукции животноводства и должно стать первым шагом для решения проблемы продовольственной безопасности России.

Задача развития кормопроизводства, как в целом по России, так в регионах является одной из наиболее сложных и многоплановых задач аграрного сектора, которые необходимо решить в самые сжатые сроки. Развитие отрасли кормопроизводства видится возможным только при системном подходе, одновременной реализации федеральных, региональных целевых программ и конкретных проектов в субъектах хозяйственной деятельности. Любая целевая программа, да и любой проект ориентируются на значения целевых функций для каждого этапа реализации, которые в свою очередь должны быть научно обоснованы и определены с учетом современного состояния отрасли. При этом разница между значениями целевой функции и показателями состояния отрасли до начала реализации проекта (или программы) определяет общий объем работ и инвестиций. Объем работ, необходимый для достижения отраслью целевых значений по основным показателям, является главным фактором, определяющим выбор путей решения проблемы и, собственно, сущность проекта (программы). В качестве методологической основы научного обоснования перспективных направлений решения проблем кормопроизводства на региональном уровне приняты теория системного анализа, рисков и оптимизации целевых функций [3, 4]. Для обоснования количественных значений целевых функций использованы официальные статистические данные [5, 6, 7, 8].

В настоящее время в Волгоградской области производится порядка 136 тыс. тонн мяса и мясопродуктов, тогда как потребление составляет 181 тыс. тонн (рисунок 1).

Нормативная потребность населения Волгоградской области в мясе, с учетом средних физиологических норм потребления, составляет 182 тыс. т, что на 46 тыс. т больше, чем производится. Схожая ситуация наблюдается в регионе и по молоку: при нормативном уровне потребления около 858 тыс. т производство молока не превышает 482 тыс. т. Таким образом, только для удовлетворения потребностей местного населения региону необходимо увеличить производство мяса – на 46 тыс. т, и еще на 376 тыс. т – молока.

Нормативный уровень производства кормов в последние годы по региону несколько снизился пропорционально численности населения Волгоградской области и составляет, в настоящем, около 2,64 млн. т корм. ед. (рисунок 2).

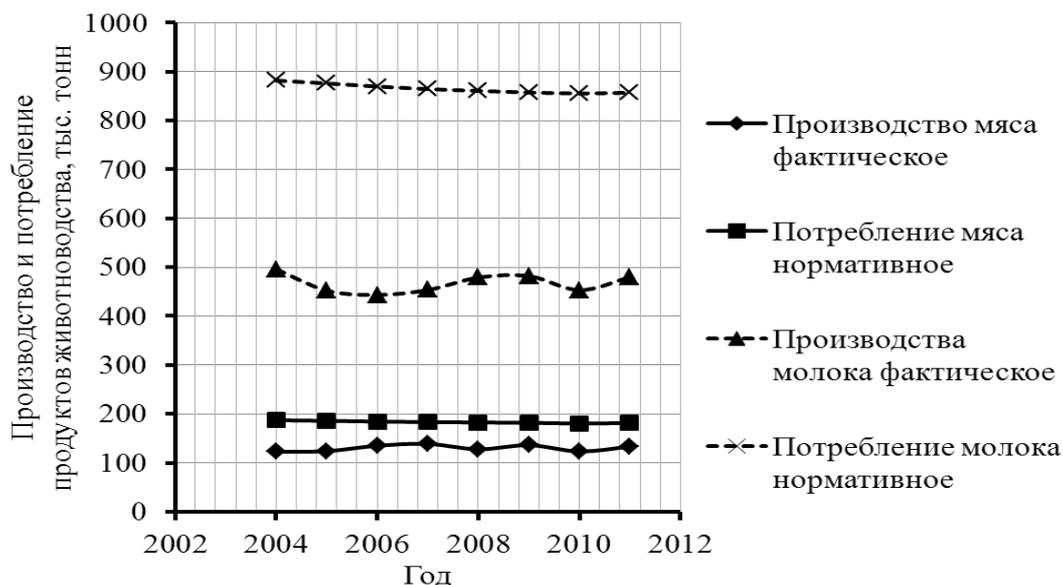


Рисунок 1 – Производство и потребление продуктов животноводства в Волгоградской области

Примечание: фактические объемы производства мяса и молока взяты из официальных источников Росстата [5]; нормативные объемы потребления мяса и молока определены исходя из значений физиологических норм потребления и численности населения региона

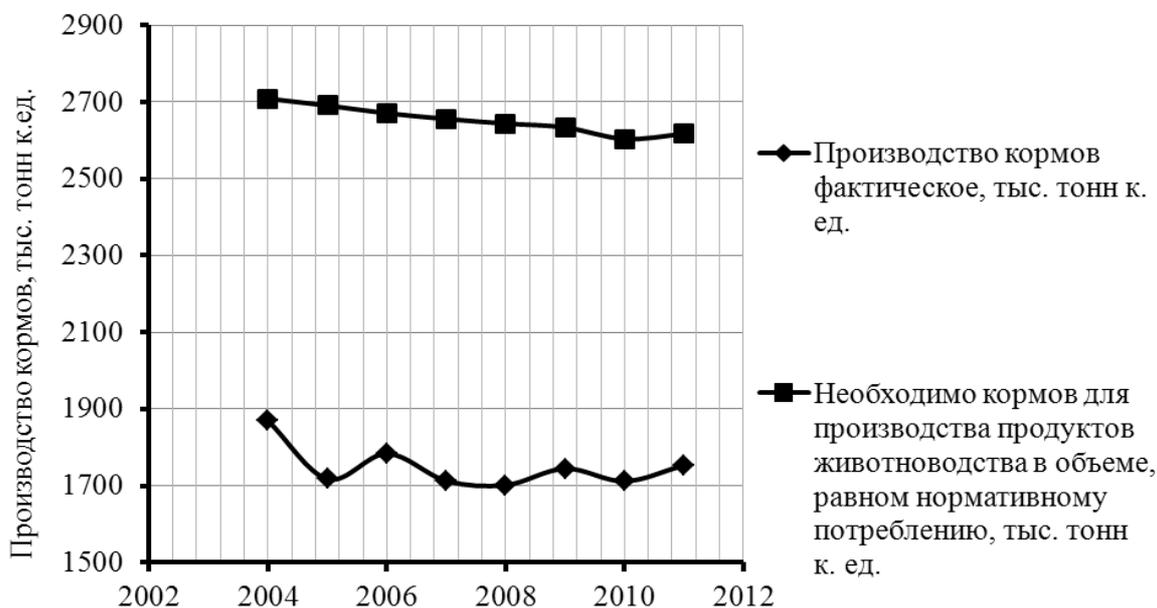


Рисунок 2 – Фактическое и нормативное производство кормов в Волгоградской области

Примечание: фактическое производство кормов в Волгоградской области определено по официальным данным Росстата [5]; нормативные объемы производства кормов определены с учетом необходимого увеличения производства продуктов животноводства для удовлетворения потребностей населения региона

Однако, сравнение с фактическим уровнем производства кормов, которое в Волгоградской области составляет около 1,75 млн. т корм. ед., дает реальную оценку дефицита кормопроизводства. Дефицит производства кормов в регионе с учетом необходимого увеличения производства продукции животноводства достигает 900 тыс. т корм. ед.

Следует признать, что ресурсы естественных кормовых угодий в регионе исчерпаны. Продуктивность кормовых угодий, определяемая природными условиями Волгоградской области, не обеспечивает развития отрасли животноводства даже для обеспечения потребностей местного населения. В этой ситуации возможен лишь экстенсивный путь развития кормопроизводства за счет вовлечения в отрасль дополнительных земельных ресурсов (таблица 1).

Таблица 1 - Оценка потребности в земельных ресурсах с учетом перспектив развития кормопроизводства в Волгоградской области

Земельные ресурсы	Площадь пашни, тыс. га [5,6,7]		Урожайность кормов, т к. ед. [9, 10, 11]	Требуется для производства кормов с учетом увеличения поголовья животных для удовлетворения потребностей населения региона		
	всего	в том числе на реконструкции		всего, тыс. га	в % от площади пашни	в % от площади орошаемых земель на реконструкции
Неорошаемые земли	5666	–	1,0-1,1	818	14,1	–
Орошаемые земли, всего	180,9	84,6	5,6-6,4	140	2,4	165
в том числе с ГМС нового поколения	0	–	10,5-11,5	80	1,3	94

Чтобы возместить дефицит производства кормов в области при фактическом уровне продуктивности кормовых культур на богаре (1,1 т корм. ед./га) необходимо перевести под кормовые 818 тыс. га пашни в ущерб другим полевым культурам. Это более 14 % всей площади пашни региона. При среднем уровне продуктивности [5] на этой площади может быть произведено до 1,7 млн. т озимой или около 1,2 млн. т яровой пшеницы, около 1,7 млн. т ржи, более 1,0 млн. т проса, до 654 тыс. т гречихи или около 1,0 млн. т маслосемян подсолнечника.

Другой путь развития кормопроизводства, - интенсивный, связан с необходимостью освоения под кормовые культуры орошаемых земель. Обширный

опыт производства кормов на орошаемых землях, накопленный в регионе показывает, что продуктивность кормовых культур при орошении возрастает до 5,5-6,4 т к. ед./га. Результаты последних исследований, выполненных с использованием дождевальной техники нового поколения, показал возможность получения свыше 11 т к. ед. с каждого орошаемого гектара [9, 10, 11]. При таком уровне продуктивности под кормовые достаточно отвести 80 тыс. га орошаемых земель.

Рассмотрим современное состояние мелиоративного фонда Волгоградской области. По данным департамента мелиорации Минсельхоза РФ на 01.01.2013 г. [7] в Волгоградской области 180,9 тыс. га орошаемых земель. Однако, из них в удовлетворительном состоянии находятся около 96,3 тыс. га земель, большая часть которых занята, преимущественно, овощными культурами. Еще более 84 тыс. га орошаемых земель в настоящее время подлежат реконструкции. Проведение реконструкции части *неиспользуемого* в настоящее время мелиоративного фонда с внедрением гидромелиоративных систем нового поколения для целей кормопроизводства позволяет решить проблему своевременного и стабильного обеспечения кормами отрасли животноводства в области без изъятия уже задействованных в сельскохозяйственном производстве пахотных земель.

В сущности, вывод, сделанный в результате анализа современного состояния мелиоративного фонда региона, не является оригинальным. По сути, планируемая под реконструкцию часть мелиоративного фонда Волгоградской области, ранее и использовалась для производства кормов и обеспечения потребностей, прежде всего молочного стада. Однако, в современной ситуации орошаемое кормопроизводство сталкивается с объективными трудностями, обусловленными экономическим и технологическим кризисом отрасли. В области работает 1281 дождевальная машина, в том числе 23 установки "Кубань", 258 - "Фрегат", 150 – "Волжанка", 83 - машины ДДА-100МА (таблица 2).

Износ дождевальных машин отечественного производства достигает 70-100 %, что стимулирует замещение технологически и физически устаревших установок современной дождевальной техникой. В ближайшее время для сохранения функционирующего мелиоративного фонда необходимо будет приобрести около 514 единиц широкозахватной дождевальной техники. Для расширения орошаемого сектора кормопроизводства и обеспечения кормами отрасли животноводства с учетом целевых параметров развития парк дождевальной техники необходимо увеличить еще в 1,5 раза. Это, так сказать, «ресурсные» проблемы развития орошаемого кормопроизводства. В условиях рыночной экономики эти проблемы решаются за счет существенного увеличения инвестиций в отрасль, естественно, с условием их эффективного использования и окупаемости.

Таблица 2 – Количественная оценка состояния и перспектив развития мелиоративного фонда Волгоградской области

Показатель	Всего в наличии	Из них в удовлетворительном состоянии	Нуждается в замене, реконструкции	Необходимо с учетом расширения орошаемого сектора кормопроизводства	Материальные и технические ресурсы, необходимые для расширения орошаемого сектора кормопроизводства
Площадь орошаемых земель, тыс. га	180,9	96,3	84,6	169,0	80
Оросительная сеть, км, Всего	2471	–	–	–	–
В том числе трубопроводы:	1423	308	1115	–	1115
Дождевальная техника, ед.	1281	1281	514	1948	667+514

Примечание: таблица составлена с использованием материалов [5, 7, 8]

Однако, есть еще и проблемы технологического плана, связанные с необходимостью коренного переоснащения систем орошения с учетом современных требований к гидромелиоративным системам (ГМС) нового поколения. Из приведенных в таблице 1 данных видно, что использование устаревших моделей ГМС при проведении реконструкции мелиоративного фонда области не может обеспечить решение проблем кормопроизводства даже теоретически. Ведь при этом для увеличения объемов производства кормов на 900 тыс. к. ед. потребуется использовать около 140 тыс. га орошаемых земель, что почти вдвое больше, чем вся площадь орошаемых земель, отведенных под реконструкцию. Только использование ГМС нового поколения с увеличением продуктивности кормовых угодий до 10,5-11,5 т к. ед. позволит решить проблему кормопроизводства за счет ресурсов мелиоративного фонда области, находящихся на реконструкции.

В настоящее время гидромелиоративных систем, отвечающих всему комплексу требований к ГМС нового поколения, в Волгоградской области нет. Налицо серьезное технологическое отставание региона в области дождевания сельскохозяйственных и особенно, кормовых культур. Частично вопрос реша-

ется за счет приобретения импортной дождевальнoй техники, имеющей ряд преимуществ, среди которых:

- современная кинематика, включая возможность совмещения в одной машине фронтального и кругового движения с поливом; упрощенное перемещение машин с позиции на позицию; угловые машины позволяют поливать поля сложной формы;

- возможность комплектации дождевальных машин дождевальными аппаратами различной конструкции и с разной характеристикой дождя, что позволяет подобрать оптимальную комплектацию машины для данной почвенно-климатической зоны;

- возможность гибкого подбора линейных параметров машины с учетом геометрии конкретного орошаемого участка;

- возможность реализации дистанционных методов слежения и управления дождевальной машиной в режиме реального времени;

- возможность автоматической корректировки режима дождевания по показаниям датчиков.

Наряду с этим в регионе складывается парадоксальная ситуация, в которой фирмы – поставщики современной поливной техники не могут предложить, адаптированных к природным условиям Волгоградской области проектов орошения кормовых угодий, а отечественные модели орошения кормовых угодий, разработанные в нашей стране, не учитывают возможности современных дождевальных машин. Это снижает эффективность использования современной поливной техники для производства кормов, что сдерживает развитие орошаемой кормовой базы региона. Решение указанного противоречия сводится к научному обоснованию и разработке моделей орошения кормовых угодий в Волгоградской области с учетом возможностей новой поливной техники. Разработка и внедрение региональной технологии орошения кормовых угодий с учетом преимуществ новой поливной техники позволит повысить эффективность использования природных ресурсов региона и создавать рентабельные проекты производства кормов при орошении.

Таким образом, проведение реконструкции части мелиоративного фонда с учетом современных требований к ГМС нового поколения, внедрение новейшей дождевальной техники и разработка адаптированных моделей и технологий орошения кормовых угодий позволяет эффективно решать проблему кормопроизводства в Волгоградской области за счет расширения орошаемого сектора.

**Выводы.** Развитие кормовой базы региона представляется наиболее перспективным за счет расширения орошаемого сектора кормопроизводства. Это масштабная, ресурсоемкая задача, учитывая, что потребность только в широкозахватной дождевальной технике составляет порядка 667 единиц. Адаптация моделей орошения кормовых угодий с учетом возможностей современной поливной техники и перспективных конструкций гидромелиоративных систем нового поколения обеспечит возможность эффективного использования инве-

стируемых ресурсов и создаст условия для рационального решения проблемы кормопроизводства в регионе.

### **Список использованных источников**

1. Корпоративная база статистических данных ФАО. Продукция животноводства. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QP/E> (дата обращения 15.01.2014)
2. Корпоративная база статистических данных ФАО. Торговля. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/T/TA/E> (дата обращения 15.01.2014)
3. Чернышов В.Н., Чернышов А.В. Теория систем и системный анализ – Тамбов: Изд-во Тамбовского ГТУ, 2008. – 96 с.
4. Воцинин А.П., Сотиров Г.Р. Оптимизация в условиях неопределенности. – М.: изд. МЭИ, 1989. – 224 с.
5. Федеральная служба государственной статистики. База данных показателей муниципальных образований. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi#1> (дата обращения 22.01.2014)
6. Статистический сборник Волгоградская область 2011: стат. сборник / Волгоградстат. – Волгоград, 2012. – 849 с.
7. Отраслевая информация Департамента мелиорации МСХ. Наличие орошаемых и осушенных сельхозугодий на 01.01.2013 г. по Российской Федерации. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.mcx.ru/documents/document/v7\\_show/20985.133.htm](http://www.mcx.ru/documents/document/v7_show/20985.133.htm) (Дата обращения 22.01.2014)
8. Отраслевая информация Департамента мелиорации МСХ. Сведения о технических характеристиках и состоянии государственных мелиоративных систем и отнесенные к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружений на 01.01.2012. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.mcx.ru/documents/document/v7\\_show/20985.133.htm](http://www.mcx.ru/documents/document/v7_show/20985.133.htm) (Дата обращения 22.01.2014)
9. Аньшакова О.А., Кружилин И.П. Сравнительная оценка продуктивности одновидовых и смешанных посевов кормовых культур при орошении. // Совершенствование научного обеспечения сельскохозяйственного производства Волгоградской области. - Волгоград, 1999. - С. 168-170
10. Бородычев В.В., Лытов М.Н., Моисеев М.Ю. Эффективность орошения сои в условиях Нижнего Поволжья // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 6. – С. 36.
11. Кирейчева Л.В., Носов А.К., Носов К.Н., Юрченко И.Ф. Развитие орошения в южном федеральном округе для обеспечения гарантированной кормовой базы животноводства. – М., 2009. – 152 с.

УДК 339.13

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

**И.В. Куприянов, Н.С. Быстрицкая, Е.В. Овчинникова**  
ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

В соответствии с действующим природоохранным законодательством предприятия системы агропромышленного комплекса (АПК) обязаны соблюдать требования в области охраны окружающей природной среды, а также осу-

ществлять необходимые мероприятия по обеспечению своей экологической безопасности [1, 2]. В первую очередь это относится к собственникам и пользователям природных водных объектов и гидротехнических сооружений (ГТС), которые законодательно относятся к опасным производственным объектам [3]. Любые нарушения установленных требований к ГТС чреваты серьезными негативными последствиями в виде причинения вреда окружающей природной среде и, как следствие, природопользователям.

За нарушением предприятием АПК экологического (в том числе водного) законодательства предусматривается имущественная, дисциплинарная, административная и уголовная ответственности [1]. Схема формирования ответственности представлена на Блок-схеме (рисунок 1).



Рисунок 1 - Формирование ответственности за экологические правонарушения

Имущественная ответственность, по своему содержанию представляющая экономические санкции по отношению к предприятию-нарушителю. Юридическое лицо, допустившее экологическое правонарушение и причинение вреда окружающей природной среде, обязано возместить его в полном размере.

Размер вреда складывается из величины вреда, причиненного непосредственно окружающей природной среде и величины экономического ущерба, причиненного другим природопользователям. Развернутое определение вреда, причиненного природопользователям, закреплено в статье 15 Гражданского Кодекса РФ [4].

Вред природной среде определяется объемом потерь материальных и финансовых ресурсов, связанных с необходимостью ликвидации и компенсации последствий экологических правонарушений. Количественная величина этого вреда выражается фактической суммой компенсационных затрат на санацию нарушенного фрагмента природной среды или же определяется расчетным путем на базе утвержденного в установленном порядке методического документа [1].

Введенная в действие 05.06.2009 г. "Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства" [4], является одним из первых легитимных документов, позволяющих определять величину вреда расчетным методом, а не по фактическим затратам на восстановление природы. Методика предназначена для исчисления вреда, причиненного водным объектам видами и формами, указанными в Главе 5 Водного Кодекса РФ [4]. Исчисление размера вреда в Методике производится с учетом факторов, влияющих на его величину: водохозяйственная ситуация и значимость состояния водных объектов, природно-климатические условия, длительность и интенсивность воздействия загрязняющих веществ на водных объект и т.п. Наиболее распространенными случаями экологических правонарушений в форме негативного воздействия на водные объекты являются:

1. Сброс загрязняющих веществ в составе сточных вод с превышением их концентрации относительно разрешенного уровня;
2. Аварийный сброс загрязняющих веществ;
3. Истощение водного объекта в результате забора воды с нарушениями условий водопользования.

**По первому случаю**, при превышении установленной договором или лицензией уровня концентрации сбрасываемых загрязняющих веществ, масса противоправно сброшенных загрязняющих веществ, по каждому ингредиенту загрязнения определяется по формуле:

$$M_i = Q \cdot (C_{\Phi_i} - C_{Д_i}) \cdot T \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

где:  $M_i$  – масса неправомерно сброшенного  $i$ -го ингредиента, т;

$Q$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/час;

$C_{\Phi_i}$  – фактическая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{Д_i}$  – разрешенная концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества, мг/дм<sup>3</sup>;

$T$  – продолжительность экологического правонарушения, час;

$10^{-6}$  – переводной коэффициент.

Вред природной среде по всем загрязняющим веществам:

$$Y = K_{ВГ} \cdot K_{Э} \cdot K_{ИН} \cdot \sum_{i=1}^n H_i \cdot M_i \cdot K_{ИЗ} \quad (2)$$

где:  $Y$  – размер вреда, тыс. руб.;  
 $Q$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/час;  
 $K_{ВГ}$  – коэффициент, учитывающий время года;  
 $K_{Э}$  – коэффициент, учитывающий экологические факторы;  
 $K_{ИН}$  – коэффициент индексации, учитывающий инфляционные процессы.

Принимается по данным МПР России;

$H_i$  – таксы для исчисления размера вреда;

$M_i$  – масса неправомерно сброшенного  $i$ -го ингредиента, т;

$K_{Э}$  – коэффициент, учитывающий интенсивность воздействия на водный объект. Принимается по данным МПР России.

**По второму случаю**, при аварийном сбросе, вся масса сброшенных загрязняющих веществ относится к неправомерному сбросу и рассматривается как экологическое правонарушение. Вред определяется по формуле:

$$Y = K_{ВГ} \cdot K_{Э} \cdot K_{ИН} \cdot K_{ДЛ} \cdot \sum_{i=1}^n H_i \quad (3)$$

где:  $Y$  – размер вреда, млн. руб.;

$Q$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/час;

$K_{ВГ}$ ,  $K_{Э}$ ,  $K_{ИН}$  - коэффициенты, значения которых те же, что и в формуле (2);

$K_{ДЛ}$  – коэффициент, учитывающий длительность негативного воздействия;

$H_i$  – такса для исчисления размера вреда  $i$ -м вредным веществом в зависимости от его массы ( $M_i$ ), млн.руб.

**По третьему случаю** размер вреда, причиненного водному объекту при его полном или частичном истощении в результате чрезмерного забора воды с нарушениями условий водопользования или без наличия документов, производится по формуле:

$$Y_{и} = K_{Э} \cdot K_{ИН} \cdot H_{и} \cdot Q_{в}, \quad (4)$$

где:  $Y_{и}$  – размер вреда, тыс. руб.;

$K_{Э}$ ,  $K_{ИН}$  – коэффициенты, значения которых те же, что и в формуле (2);

$H_{и}$  – такса для исчисления размера вреда;

$Q_{в}$  – объем воды, необходимый для восстановления водного объекта от истощения. Принимается равным двойному объему воды, забранной из водного объекта с нарушением условий водопользования.

Гидротехнические сооружения относятся к опасным производственным объектам и, в соответствии с этим, эксплуатирующие их предприятия системы агропромышленного комплекса обязаны организовывать и осуществлять производственный контроль соблюдения требований по их экологической безопасности [3].

Федеральный контроль соблюдения указанных требований осуществляется Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

К объектам экологического контроля ГТС относятся: