МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ имени А.Н. КОСТЯКОВА»

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕЛИОРАЦИЙ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Материалы международной юбилейной
научно-практической конференции
23-24 октября 2019 г.

Том II

Москва 2019

УДК 631.6
ББК 40.6

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕЛИОРАЦИЙ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. Материалы международной юбилейной научно-практической конференции. Том II. -М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019. - 344 с.
ISBN 978-5-6042439-7-8
ISBN 978-5-6042439-9-2

Юбилейный сборник научных трудов в двух томах посвящен 95-летию Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова.

Изложены результаты научно-исследовательских работ по основным направлениям деятельности ВНИИГиМ. Во второй том включены работы по безопасности и надежности водохозяйственных и мелиоративных объектов, рациональному использованию водных ресурсов, технологии и техническим средствам механизации мелиоративных работ, эколого-экономическому обоснованию проектных решений в области мелиорации и водного хозяйства.

Юбилейный сборник научных трудов предназначен для научных работников, специалистов, аспирантов и студентов магистратуры, занимающихся проблемами сельскохозяйственной мелиорации, водного хозяйства и охраны окружающей среды.

Все доклады публикуются в авторской редакции в соответствии с заявленными требованиями.

Редакционный совет: д.с-х.н. В.А. Шевченко, д.с-х.н. Г.Г. Гулюк, д.т.н. Л.В. Кирейчева, д.т.н. С.Д. Исаева, д.т.н. О.А. Леонов, д.с-х.н. В.П. Максименко, д.т.н. И.Ф. Юрченко, к.т.н. А.О. Щербаков, к.т.н. Г.Х. Бедретдинов, к.г.-м.н. Н.В. Коломийцев, к.т.н. Е.Э. Головинов, А.Л. Бубер, Е.Н. Гетьман

УДК 631.6
ББК 40.6

ISBN 978-5-6042439-7-8
ISBN 978-5-6042439-9-2

©ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2019
©Издательство ВНИИГиМ, 2019

БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРОМЕЛИРАТИВНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 532.5.032

УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ СЛОИСТОЙ И СТРУЙНОЙ МОДЕЛЕЙ СТРУКТУРЫ РУСЛОВОГО ПОТОКА

М.Р. Барамыков
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Закон вязкого течения описывается формулой (1), через силу внутреннего трения, возникающую между движущимися слоями жидкости.

$$F = \eta \frac{\Delta v}{\Delta x} S \quad (1)$$

где:

F – сила внутреннего трения;

η – коэффициент динамической вязкости;

$\Delta v/\Delta x$ – скорость сдвига;

S – расстояние между слоями.

В целом рассматривается движение жидкости между неподвижной стенкой и движущимся слоем, максимально удаленным от стенки. Неравномерность скоростей возникает из-за действия сил внутреннего трения. Вязкость в свою очередь является способностью жидкости оказывать сопротивление сдвигу.

При наглядной демонстрации действия указанного закона рассматривается напорное течение в трубе. Особенностью такого течения является то, что слои в потоке являются кольцевыми, т.е. значения скоростей выбранных соседних слоев и разница между ними будут одинаковы независимо от угла сечения, проведенного через максимальное расстояние между стенками. Такую модель отображения действия внутреннего трения можно условно назвать «слоистой».

При изучении условий возникновения касательных напряжений между слоями жидкости достаточно рассматривать два соседних слоя, движущиеся с разной скоростью. Однако, для представления распределения скоростей в сечении следовало бы рассматривать три слоя, т.к. скорость одного слоя формируется из одновременного взаимодействия с двумя соседними слоями.

Открытый поток со свободной поверхностью имеет особую специфику при изучении действий сил внутреннего трения. Рассмотрим такое течение на примере округлого русла, где поток имеет свободную поверхность (рис. 1).

Проведя вертикальное продольное сечение в плоскости YZ, можно видеть изменение скорости от поверхности к стенке дна. Также, проведя сечение в плоскости XY, можем наблюдать такую ситуацию изменения скорости соседних слоев. В зависимости от условий, в которых находится поток, скорость сдвига при равной толщине слоя будет отличаться в большинстве случаев. При таких

условиях скорость в потоке изменяется как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. Очевидно, что сечением открытого потока в одной плоскости и на примере взаимодействия слоев жидкости невозможно адекватно смоделировать влияние сил внутреннего трения и формирование местных скоростей.

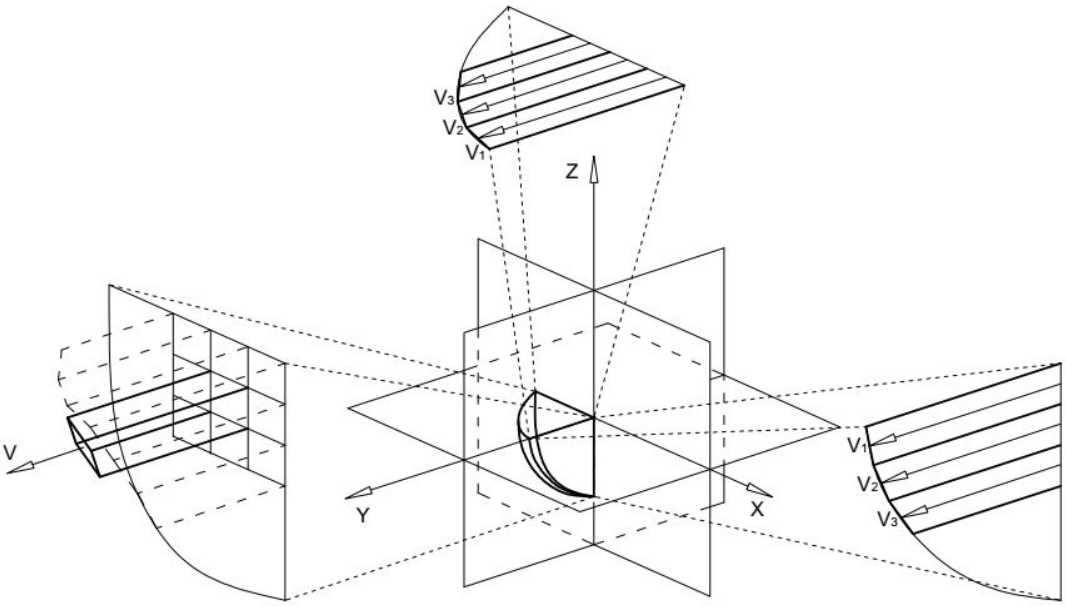


Рисунок 1 – Схема формирования «слоистой» модели для открытого потока

Поэтому предлагается использовать так называемую «струйную» модель, способную более адекватно передать специфику открытого потока. В основе данной модели лежит формирование не плоского, а пространственного отображения скорости сдвига слоев на основе продольных взаимно перпендикулярных сечений – двух горизонтальных (XY) и двух вертикальных (YZ). Эти сечения проводятся таким образом, чтобы между ними возникали продольные линии пересечения. При совмещении данных этих плоскостей происходит формирование струи, размеры которой соответствуют расстоянию между плоскостями сечений. Таким образом, возникает модель струи с четырьмя гранями в поперечном сечении, которые являются плоскостями взаимодействия с соседними струями (рис. 2а). Можно было бы ограничиться такой конструкцией с упрощенным представлением «струйной» модели. Однако в «струйной» модели есть потенциал для дальнейшего ее усложнения, но с большим приближением к реальности.

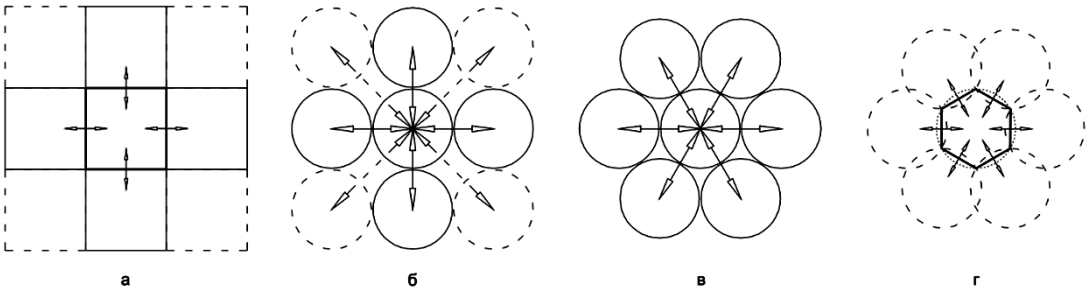


Рисунок 2 – Переход от «слоистой» к «струйной» модели

Дальнейшим совершенствованием «струйной» модели является принятие окружности, как формы поперечного сечения струи, что является более адекватным, хотя и усложняет данную модель (рис. 2б).

Несмотря на то, что внутренние взаимодействия распространяются на очень ограниченные расстояния, потенциальная возможность взаимодействия соседних струй, хотя и несколько удаленных друг от друга, сохраняется [2]. При округлой форме поперечного сечения одна струя может взаимодействовать с максимальным количеством струй равным шести. Взаимодействия между соседними струями должны быть равны между собой, поэтому вводится условие, при котором расстояния между соседними струями тоже должны быть равны. Для выполнения данного условия скорректировано положение струй смещением их относительно друг друга на расстояние равное радиусу струи (рис. 2в). Для исключения в модели свободного пространства, струи максимально приближены друг к другу. При этом возникают области пересечения струй между собой. Представив эти области в виде плоскостей, и соединив их между собой, получаем форму поперечного сечения струи в виде правильного шестиугольника (рис. 2г).

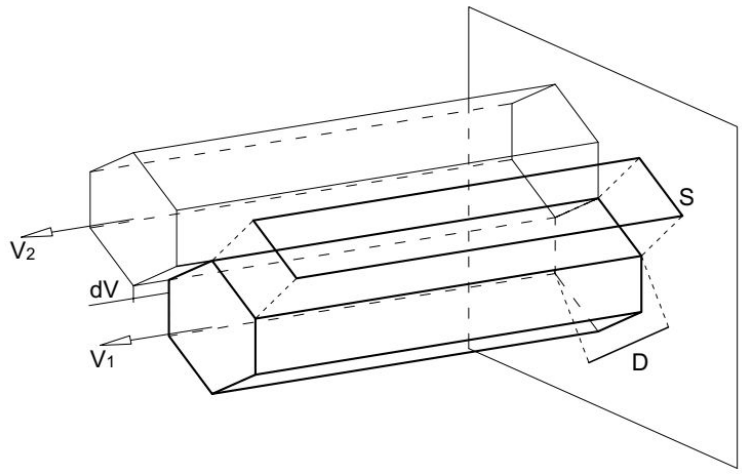


Рисунок 3 – Пространственное изображение струи

На рисунке 3 представлено итоговое изображение струи, в форме шестигранной призмы. Каждая грань призмы является площадью (*S*) взаимодействия струй между собой. Диаметр (*D*) описанной окружности является расстоянием между взаимодействующими струями. Длина ребра призмы является скоростью струи. Особенностью данной формы является пропорциональная зависимость расстояния между струями и шириной грани, т.е. шириной площади взаимодействия. Разность между длинами граней соседних струй является изменение скорости (*dV*).

Описываемая «струйная» модель изменения скоростей в сечении открытого потока, представляется более адекватной, т.к. учитывает изменение скоростей в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Несмотря на определенное усложнение данной модели, она позволяет достаточно точно определить площадь, на

которой проявляются внутренние взаимодействия, и сохранить пропорциональность ее изменения. Если же возникнет необходимость упрощения данной модели, то можно воспользоваться вариантом, представленным на рисунке 2а, где струя имеет квадратное сечение и количество взаимодействующих струй ограничено четырьмя.

Совершенствование модели взаимодействия течений в потоке и методов расчета распределения скоростей в поперечном сечении вызвано практическими целями. Внутренние взаимодействия «слоев», «струй», «частиц» в потоке связаны с пульсациями скорости, которые отражаются на несущей способности потока [3]. Уточнение методов расчета посредством лучшего знания таких процессов позволит в конечном итоге проектировать каналы с большей устойчивостью к размыву. Подобное развитие моделирования потока неизбежно связано с усложнением самой модели и методов расчета. Однако современные вычислительные мощности с учетом постоянного повышения их производительности позволяют решать подобные задачи.

Список использованных источников

1 Штеренлихт Д.В. Гидравлика /2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, –1991. – 366 с.

2 Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости /Перевод с английского Вахомчика В. П. и Попова А. С., под редакцией Степанова Г. Ю. –М.: Изд. «Мир», –1973. –758 с.

3 Барамыков М.Р. К вопросу об определениии расхода воды в открытых потоках /В сборнике: Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. Материалы международной научно-практической конференции. –2016. С. 49-53.

УДК 532.543

ЧИСЛО ФРУДА ПОЛНОГО ДОКРИТИЧЕСКОГО ПОТОКА

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

Характеристикой состояния потока является режим движения, разделяемый на сверхкритический или докритический. Критерием определения режима движения является отношение удвоенного значения кинетической энергии к значению потенциальной и обозначается как безразмерная величина – число Фруда (Fr):

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (1)$$

где:

v – средняя скорость в сечении;
g – ускорение свободного падения;
h – глубина потока.

Значение Fr<1 обозначает докритический режим течения, а Fr>1 – сверхкритический режим течения. При значении Fr=1, удельная энергия сечения имеет

минимальное значение, и потенциальная энергия превышает кинетическую энергию в два раза. Глубина такого потока является критической глубиной (рис. 1).

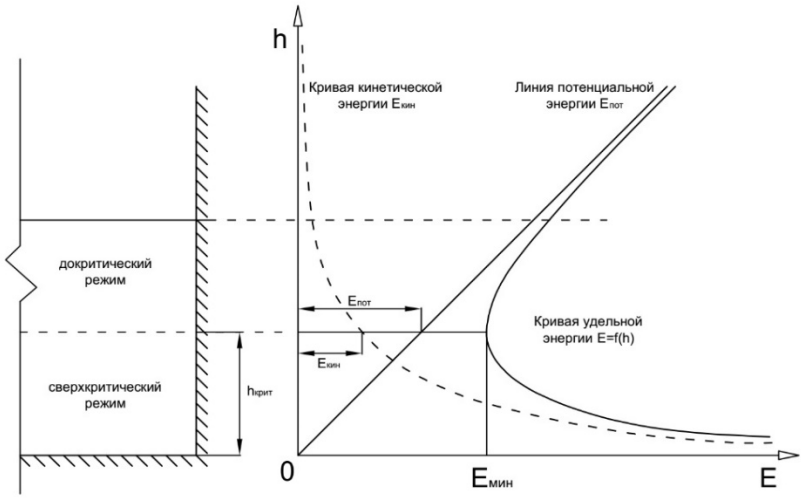


Рисунок 1 – Диаграмма удельной энергии сечения

Поток, находящийся в критическом состоянии характеризуется Fr=1, в котором скорости имеют диапазон – от нулевых до максимальных, т.е. как меньше значения средней скорости, так и больше него. Таким образом, в критическом потоке присутствуют области как с докритическим режимом, так и со сверхкритическим. При уменьшении числа Фруда такая двойственность сохраняется до некоторого значения. Возникает необходимость определить это значение, чтобы точно знать при каких условиях весь поток будет находиться в докритическом режиме. При докритическом режиме движения изменения характеристик потока на отдельном участке отражаются на всем протяжении потока. Интенсивность изменения кинетической энергии при таком режиме стремится к равенству с изменением потенциальной.

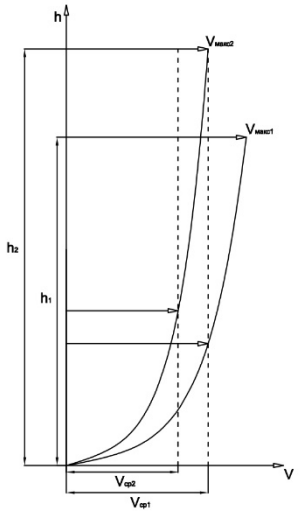


Рисунок 2 – Условие полного докритического режима

Соответственно, достижение такого режима возможно при условии, что все скорости потока при Fr<1 будут иметь равное значение средней скорости потока при Fr=1. Для наглядного объяснения описанного условия представим два потока в виде эпюр скоростей, построенных по логарифмическому закону распределения (рис. 2).

Первый поток имеет характеристики $V_{макс1}$, $V_{ср1}$, h_1 и является критическим. Второй с характеристиками $V_{макс2}$, $V_{ср2}$, h_2, в котором $V_{макс2} = V_{ср1}$, выполняется условие полного докритического потока. Для определения зависимости между $V_{макс}$ и $V_{ср}$ обратимся к связи между средней скоростью и максимальной, которой является относительный дефицит скорости [1]:

$$\frac{u_{\max} - v}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \tag{2}$$

где:

u_{max} – максимальная скорость;

u_* – динамическая скорость;

v – средняя скорость;

κ – коэффициент пропорциональности (0.34-0.4).

Приняв $\kappa = 0.37$, получим:

$$u_{\max} = v + 2.7 \cdot u_* \tag{3}$$

$$\frac{v}{u_*} = \sqrt{\frac{8}{\lambda}} \rightarrow u_* = v \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{8}} \tag{4}$$

$$u_{\max} = v \cdot \left(1 + 0.95 \cdot \sqrt{\lambda}\right) \tag{5}$$

Для течения в трубе и в широком открытом потоке, условия закономерностей сопротивления идентичны [2], поэтому для развитого турбулентного течения минимальное значение Re=4000, получаем λ=0.04, тогда:

$$u_{\max} = 1.2 \cdot v \tag{6}$$

По (1) получаем:

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} \tag{7а}$$

$$Fr_2 = \frac{v_2}{\sqrt{g \cdot h_2}} \tag{7б}$$

где:

v_1, h_1, Fr_1 – средняя скорость и напор при Fr=1;

v_2, h_2, Fr_2 – средняя скорость, напор, число Фруда, соответствующие полному докритическому потоку.

$$v_1 = \sqrt{g \cdot h_1} \tag{8а}$$

$$v_2 = Fr_2 \cdot \sqrt{g \cdot h_2} \tag{8б}$$

Поскольку

$$v_1 = 1.2 \cdot v_2 \rightarrow v_2 = \frac{v_1}{1.2} = 0.83 \cdot v_1 \tag{9}$$

подставив (9) в (8б) и приравнивая к (8а) получим:

$$0.83 \cdot \sqrt{g \cdot h_1} = Fr_2 \cdot \sqrt{g \cdot h_2} \quad (10)$$

в итоге:

$$Fr_2 = 0.83 \cdot \sqrt{\frac{h_1}{h_2}} \quad (11)$$

Из (11) очевидно, что достижение потоком полного докритического режима при условии $V_{ср1} = 1.2V_{ср2}$ может быть достигнуто при $Fr<0.83$. Данное значение можно обозначить как границу переходной области от частично докритического к полному докритическому состоянию. Соотношение $V_{ср}$ и h зависит от расхода, ширины русла и уклона дна, поэтому полученного значения числа Фруда можно достигнуть определенной комбинацией этих величин, для чего необходимо исследовать влияние каждой из них. К тому же в этом расчете были приняты значения величин Re и λ с определенными допущениями, влияние которых также должно быть исследовано более детально.

Список использованных источников

1. Штеренлихт Д. В. Гидравлика /2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, –1991. – 366 с.

2. Брянская Ю. В., Байков В. Н., Волынов М. А. Дефицит скорости и аналитическое обоснование инварианта осесимметричных и плоских течений / Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1 (часть 3) – С. 687-693.

УДК 626.82/.86

ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОПРОСА КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

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

Несмотря на очевидную пользу регулярного составления Деклараций безопасности гидротехнических сооружений, существующая система мониторинга ГТС мелиоративного комплекса как в вопросах сбора и хранения, так и обработки полученной информации не соответствует современным требованиям. Информация по уровню безопасности гидротехнических сооружений представляет собой отрывочные сведения и обновляется, в лучшем случае, каждые пять лет. При этом как для ведения мониторинга параметров (количественных показателей), так и мониторинга состояния объекта (качественных показателей), интервал между измерениями в пять лет представляет собой скорее периодическую паспортизацию, чем мониторинг.

Обобщенные сведения по состоянию гидротехнических сооружений в настоящее время существуют в виде Российского регистра гидротехнических сооружений (РРГТС). В РРГТС представлены сведения о гидротехнических сооружениях на момент регистрации или очередного декларирования. Регистр представляет собой единую систему учета, регистрации, хранения и предоставления информации о гидротехнических сооружениях Российской Федерации [1].

Базой данных (БД) результатов мониторинга РРГТС не является, следовательно, проведение комплексного и многофакторного анализа состояния ГТС мелиоративного комплекса по данным мониторинга, предусмотренное СТО 70238424.27.140.042-2009 [2], чрезвычайно затруднено, а подчас невозможно.

Также отсутствует возможность решения целого ряда задач, возникающих при эксплуатации сооружений мелиоративного комплекса:

1. Оптимизация управления и безопасной эксплуатации ГТС;

2. Оценка состояния ГТС на всей цепочке водоподачи от водоисточника до поля, что дает возможность косвенно определить уровень непроизводительных потерь воды при транспортировке;

3. Сравнение состояния и степени износа ГТС различных гидромелиоративных систем с целью обоснования следующих решений:

- определение первоочередных объектов для ремонта и реконструкции;
- определение комплекса мероприятий для оптимизации водоресурсного обеспечения оросительных мелиораций;
- определение комплекса мероприятий для получения гарантированного валового продукта.

Следовательно, существует необходимость создания системы автоматизированного ведения мониторинга ГТС. Такая система должна быть многоуровневой, с ролевым доступом, и являться системой поддержки принятия решений как для обеспечения эффективной и безопасной работы гидротехнических сооружений, так и поэтапного осуществления мероприятий по эксплуатации, ремонту и реконструкции гидромелиоративных систем (ГМС). Система разрабатывается на основе интегрированной автоматизированной системы управления и может быть использована для решения научных, проектных и производственных задач [3-5].

Низшей ступенью системы автоматизированного ведения мониторинга является автоматизированная система опроса контрольно-измерительной аппаратуры гидротехнических сооружений.

Процесс наблюдения и регистрации состояния (качественные показатели) объекта и параметров (количественные показатели), в сравнении с заданными критериями, через определенные, заранее установленные интервалы времени (мониторинг) состоит из системы *сбора, регистрации, хранения, анализа и передачи* ключевых (явных или косвенных) признаков данного объекта для вынесения суждения о состоянии объекта в целом.

В данном случае состояние объекта определяется путем сравнения полученных результатов с критериями безопасности, на основании чего автоматически диагностируется уровень безопасности сооружений.

Такой процесс детально проработан для гидротехнических сооружений ГЭС, ГТС I-II класса [6]. Для сооружений III-IV класса, входящих в состав гидромелиоративных систем, нормы и требования по контрольно-измерительным системам не разработаны, однако многие принципы СТО 17330282.27.140.004-2008 возможно использовать при эксплуатации ГТС III-IV класса.

Под контрольно-измерительными системами подразумеваются комплексы контрольно-измерительной аппаратуры, установленные на сооружениях и предназначенные для контроля их состояния на протяжении всего периода эксплуатации. При этом сбор информации может проводиться как вручную, по результатам визуальных наблюдений, так и автоматизировано, непосредственно через контрольно-измерительную аппаратуру и устройства. В последнем случае в состав комплекса входит автоматизированная система опроса контрольно-измерительной аппаратуры (рис. 1).

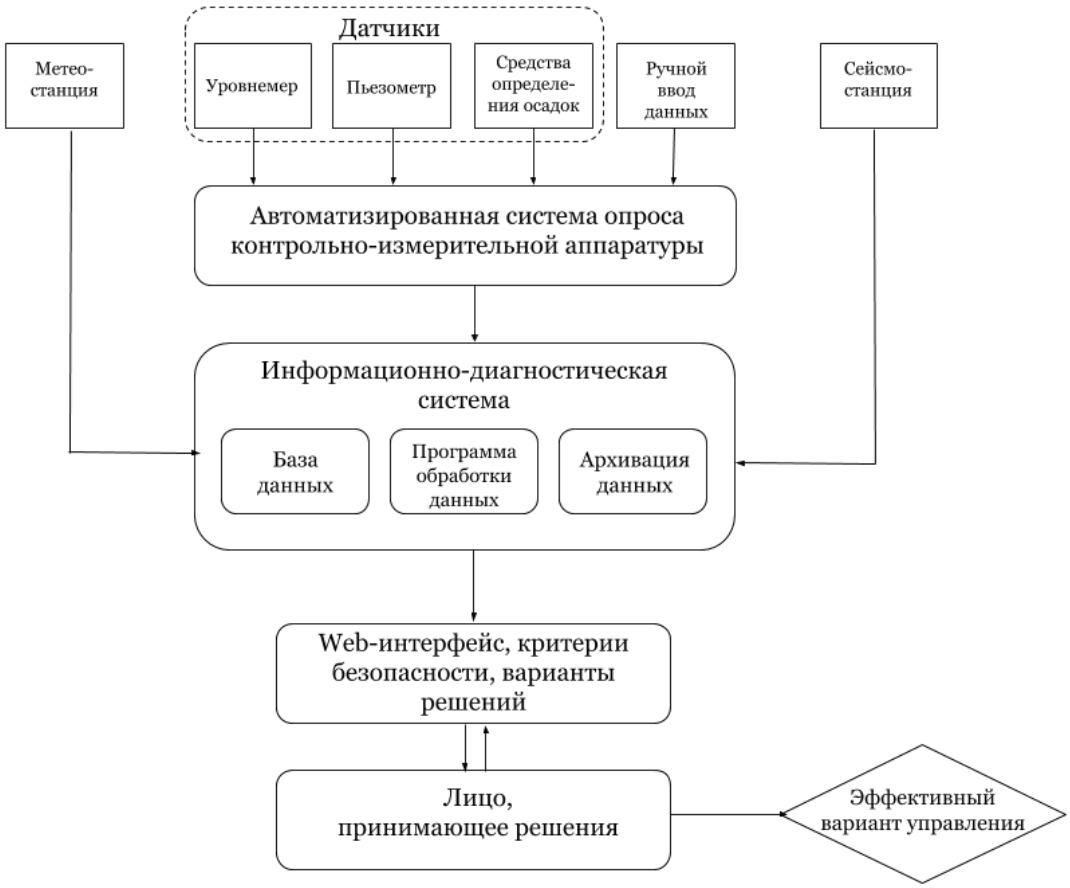


Рисунок 1 - Блок-схема автоматизированной системы диагностического контроля ГТС с использованием современных веб-технологий

Для выполнения визуальных наблюдений за состоянием объекта (согласно рисунку 1 – ручной ввод данных) служба эксплуатации ГТС может использовать таблицу качественных критериальных значений сооружения. Полученные данные визуальных наблюдений (чаще всего обнаруженные изменения критериальных значений) вносятся в базу данных вручную.

С целью автоматической диагностики состояния сооружения разрабатывается *автоматизированная система диагностического контроля.*

Такая система представляет собой систему автоматического опроса дистанционной контрольно-измерительной аппаратуры, установленной на сооружении, а также анализа вводимых вручную критериальных значений объекта мониторинга, одновременно сравнивающая полученные результаты с критериями безопасности, на основании чего автоматически диагностируется состояние сооружения [7].

При этом созданная автоматизированная система опроса контрольно-измерительной аппаратуры обеспечивает постоянный надзор за режимом работы и состоянием ГТС, а также выдачу предупреждения о превышении критериальных значений диагностических показателей параметров и состояния (критериев безопасности), разработанных и утвержденных в установленном порядке. В нашем случае автоматическое сравнение количественных характеристик состояния ГТС с реальным состоянием объекта производится согласно данным автоматических датчиков, информация с которых поступает в базу данных регулярно с интервалом 1 раз в сутки (в период паводка – 4 раза в сутки).

Внедрение автоматизированной системы опроса должно обеспечить:

- повышение точности, надежности и достоверности результатов наблюдений;

- повышение оперативности контроля и диагностирования состояния ГТС гидроузла, постоянный контроль работоспособности КИА в процессе мониторинга;

- снижение трудозатрат и исключение ошибок в процессе опроса КИА и ввода данных в базу.

Информационно-диагностическая система контроля безопасности ГТС является заключительным звеном системы диагностического контроля ГТС, диагностирующим состояние контролируемого объекта. Система включает в себя как базу данных натурных наблюдений, так и дистанционную контрольно-измерительную аппаратуру, установленную на сооружении, а также программу обработки информации, сравнения полученных данных с диагностическими критериями и оценки состояния сооружений [7]. Система должна обеспечивать долгосрочную архивацию и хранение полученной информации, содержать ранее разработанные блоки действующих на станции информационно-диагностических подсистем.

Система опроса должна быть «открытой системой», то есть построенной на основе стандартов, поддерживаемых большим числом компаний-производителей аппаратуры, и удовлетворяющей требованиям по функциональности, надежности, совместимости и взаимозаменяемости. Открытая система автоматизации должна обладать следующими свойствами:

- взаимодействие и совместимость - возможность построения работоспособной сети на основе компонентов и устройств от разных производителей;

- взаимозаменяемость - возможность замены компонентов аналогичными устройствами от других производителей.

Сформированный информационный пакет данных натурных и инструментальных наблюдений с сохранением всей информации на сервере (либо промышленном компьютере), а также в архивах на надежных электронных носителях; должен создавать и хранить протоколы ошибок и сбоев в работе системы.

В комплексе технических средств системы опроса КИА должны использоваться современные унифицированные средства серийного производства со сроком службы не менее 10 лет.

В качестве первичных датчиков (измерительных преобразователей) должны использоваться датчики серийного (промышленного) типа, удовлетворяющие требованиям по точности, диапазону измерений, долговременной стабильности, защищенности от внешних воздействий, метрологической аттестации и периодичности поверки. Должны использоваться датчики, сертифицированные в России.

Для примера приводим набор датчиков уровня системы Keller, используемых ООО «Инжиниринговый центр ГФК» (www.icentre-gfk.ru).

Автономные регистраторы для наблюдений за уровнем поверхностных и грунтовых вод:

- *DCX-22* автономный регистратор уровня без компенсации атмосферного давления. Диаметр *22* мм;

- *DCX-16VG* автономный регистратор уровня *с* компенсацией атмосферного давления через капилляр. Спроектирован для установки в пьезометрические трубки малых диаметров *(20* мм минимальный внешний диаметр трубки*)*. Диаметр датчика *16* мм.

Информация от датчиков уровня через сеть Интернет поступает на ПК, где она сохраняется и может использоваться, в том числе, удаленными пользователями (рис. 2).

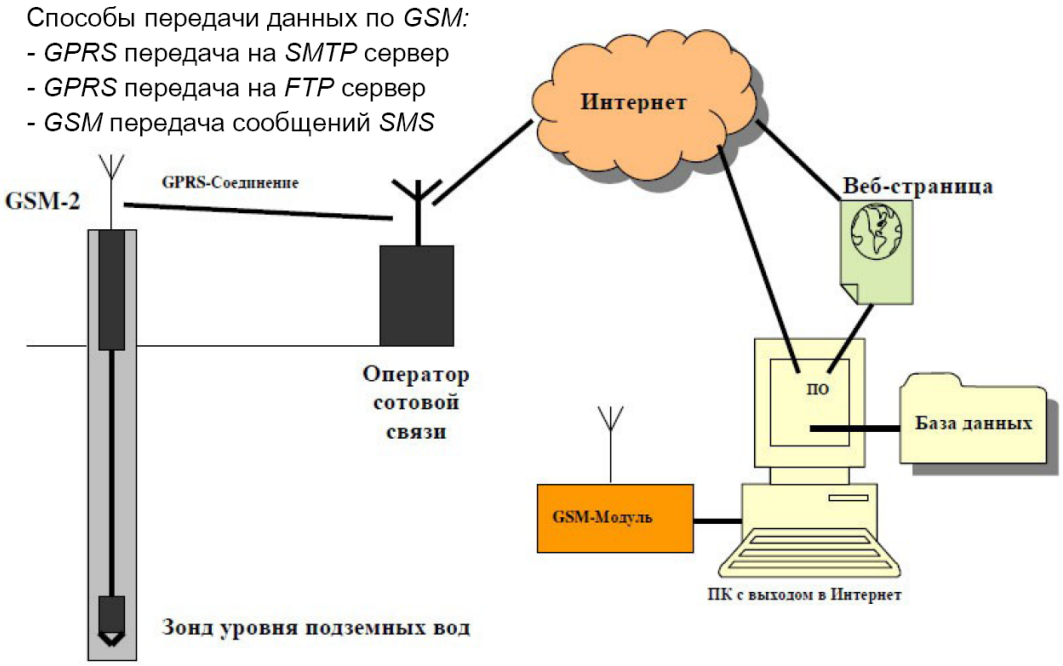


Рисунок 2 - Автономные модемы GSM с регистраторами данных для цифровых и аналоговых датчиков уровня

Датчики вертикальных перемещений грунтов бывают нескольких видов. Нашим целям соответствуют скважинные экстензометры, например, модель 1380 фирмы Ace Instrument, Корея. Датчик состоит из анкера, фиксируемого в скважине в зоне непросадочных грунтов, соединительных трубок и контрольного оголовка, располагаемого на поверхности скважины. В контрольном оголовке располагается датчик перемещения. При вертикальном перемещении грунтов происходит изменение расстояния между анкером и контрольным оголовком. Это изменение регистрируется датчиком перемещения. Чувствительным элементом датчика является металлическая струна. Для обеспечения термокомпенсации экстензометр оснащен встроенным термистором. Данные с экстензометра считываются с помощью регистратора данных.

При сборе и обработке аналоговых сигналов от первичных датчиков должны обеспечиваться:

- периодический опрос датчиков аналоговых сигналов с требуемой частотой опроса;
- проверка достоверности полученной информации;
- формирование инициативных сигналов при выходе измеряемых параметров за граничные значения.

При необходимости возможно применение беспилотных летательных аппаратов (типа квадрокоптеров) для фото и видеосъемки гидротехнических объектов с последующим занесением полученных материалов в базу данных и ГИС-систему.

В случае расположения объекта в сейсмической зоне, согласно СНиП II-7-81 [8], в комплекс автоматизированного мониторинга должна входить сейсмостанция.

Информация, полученная в результате функционирования автоматизированной системы мониторинга ГТС мелиоративного комплекса, может быть использована для решения насущных производственных вопросов, планирования производства на перспективу, определения потребностей в водных ресурсах.

Список использованных источников

1. Руководство по оценке рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера, утверждено МЧС РФ 09.01.2008 №1-4-60-9. - docs.cntd.ru/document/471811748 (дата обращения 07.08.2018).

2. Проект Приказа Министерства сельского хозяйства РФ «Об утверждении Правил паспортизации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений (подготовлен Минсельхозом России 25.04.2016 г.). - URL: http: //www/garant.ru/products/ipo/prime/doc/56568219/ (дата обращения 07.08.2018).

3. Об утверждении Инструкции о ведении Российского регистра гидротехнических сооружений. - Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Приказ N 34 от 29 января 2013 года. - docs.cntd.ru/document/902398335 (дата обращения 07.08.2018).

4. Ибрагимов А.Г. Рекс Л.М. Контроллинг в деятельно-техноприродной системе. - М.: - 2014 - 162 с.

5. Codd, Edgar Frank: "Is Your DBMS Really Relational?". Computer World, 14. October 1985. С. 76-88.

6. Коломийцев Н.В., Матвеев А.В., Корженевский Б.И. Технологии восстановления плодородия почв и рекультивации деградированных агроландшафтов – Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2018621614 от 17 октября 2018 года.

7. Стандарт организации ОАО РАО «ЕЭС России» Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Условия создания. Нормы и требования. СТО 17330282.27.140.004-2008. Дата введения - 2008-04-15. docs.cntd.ru/document/464670569 (дата обращения 17.08.2018).

8. Гидроэлектростанции. Условия создания. Нормы и требования (СТО-087, проект) 2. Гидроэлектростанции. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования (СТО-088, проект). document/464670527(дата обращения 15.08.2018).

УДК 551.435.13

СНИЖЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ МЕАНДРИРОВАНИЯ И РУСЛООБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАРАСТАНИЯ ПОЙМЫ ДРЕВЕСНОЙ И КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ

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

Согласно мнению Н.Б. Барышникова [1], определение гидравлических сопротивлений, возникающих при перемещении донных наносов, в условиях зарастания пойм травянистой, древесной и кустарниковой растительностью значительно усложняется. Методы расчета коэффициентов шероховатости, напрямую влияющих на пропускную способность пойм, все еще несовершенны. Они требуют доработки на основе анализа исходной информации и применения системного подхода с учетом того фактора, что чисто аналитическое решение проблемы гидравлических сопротивлений речных русел, из-за сложности последней, вряд ли возможно. Поэтому необходимы дальнейшие исследования, как аналитические, так и экспериментальные, для получения полуэмпирических зависимостей, дающих возможность проведения расчетов гидравлических сопротивлений русловых потоков, особенно при наличии растительности [1,2].

На водный поток воздействуют самые различные факторы. Подчиняясь природным закономерностям, не всегда имеющим ясно выраженное аналитическое решение, русловые процессы, тем не менее, всегда развиваются в условиях конкретной географической обстановки, что дает возможность установить зависимости, облегчающие проведение расчетов именно в данных условиях [3].

При анализе направленности русловых процессов различают вертикальные и горизонтальные деформации. Вертикальные деформации характеризуются процессами врезания реки в берег, а также аккумуляции наносов. Аккумуляция в данном случае происходит на дне речной долины и в других частях русла, при этом возможно образование отмелей. В случае горизонтальных деформаций наблюдаются смещения русел рек в плане, а также явления размыва и/или наращивания берегов. Направленность и интенсивность деформаций зависит от определяющих факторов, обусловленных природными особенностями территорий [4].

Формирование русла, как саморегулируемый процесс, напрямую зависит от транспортирующей способности потока. Деформацию русел возможно спрогнозировать посредством гидравлических расчетов. Такие расчеты основываются как на использовании чисто гидравлических зависимостей, так и на применении уравнений баланса и транспорта наносов [5].

Транспорт и аккумуляция наносов зависят от турбулентности речного потока. При превышении донной скоростью уровня несдвигающей для наносов данной крупности скорости включаются в действие подъемные пульсационные силы, вовлекающие в толщу потока все большее количество частиц. Следовательно, при условии, что расход наносов в данном сечении потока составляет q, а транспортирующая способность - qт, если q< qт, будет иметь место размыв русла, при q>qт - аккумуляция наносов [6].

На турбулентность и транспортирующую способность речного потока оказывают влияние многие факторы, одним из которых является наличие растительности. Тип растительности на пойме определяет значение коэффициента шероховатости пойменного потока n в формуле Шези-Маннинга, (при условии затопления поймы во время паводка), что оказывает влияние. На водный поток воздействуют самые различные факторы - ледяной покров, ледоход, а в период вегетации важную роль играет развитие растительности, как в самом русле, так и на пойме. Подчиняясь природным закономерностям, не всегда имеющим ясно выраженное аналитическое решение, русловые процессы, тем не менее, всегда развиваются в условиях конкретной географической обстановки, что дает возможность установить зависимости, облегчающие проведение расчетов именно в данных условиях [3].

Формирование русла, как саморегулируемый процесс, напрямую зависит от транспортирующей способности потока. Деформацию русел можно спрогнозировать посредством гидравлических расчетов. Такие расчеты основываются как на использовании чисто гидравлических зависимостей, так и на применении уравнений баланса и транспорта наносов [4].

На турбулентность и транспортирующую способность речного потока оказывают влияние многие факторы, одним из которых является наличие растительности, что оказывает влияние как на сток воды в фазу разлива, так и на условия осаждения взвешенных наносов. Растительность снижает транспортирующую способность потока, при этом ускоряется процесс аккумуляции наносов (посредством снижения донной скорости до уровня несдвигающей для наносов данной крупности), а также затрудняется возможность отрыва частиц грунта от дна реки (в данном случае во время паводка) [3].

При расчетах коэффициентов шероховатости и пропускной способности пойм, методы, удовлетворительно работающие на руслах простых форм сечения, в условиях меандрирующих русел и заросших растительностью пойм малоэффективны. При этом погрешности расчетов коэффициентов шероховатости по таблицам Срибного, Чоу, Бредли и Карасева значительно превышают допустимые [1].

В работе использовались результаты натурных наблюдений за процессами влияния растительности на отложения наносов и размывающее воздействие

русла реки Ахтуба. Участок наблюдений расположен в средней части Волго-Ахтубинской поймы (Харабалинский район). Местоположение участка наблюдений: широта 47°14.40″N, долгота 47°13′54″E. На исследуемом участке река разделена осередком длиной около 2,5 км на два рукава примерно равной ширины (в меженный период 100-250 м) (рис.1). Средняя глубина русел составляет 5-6 метров. Донные отложения представлены в основном мелкими песками, на мелководных и пойменных участках присутствуют глины и илы.

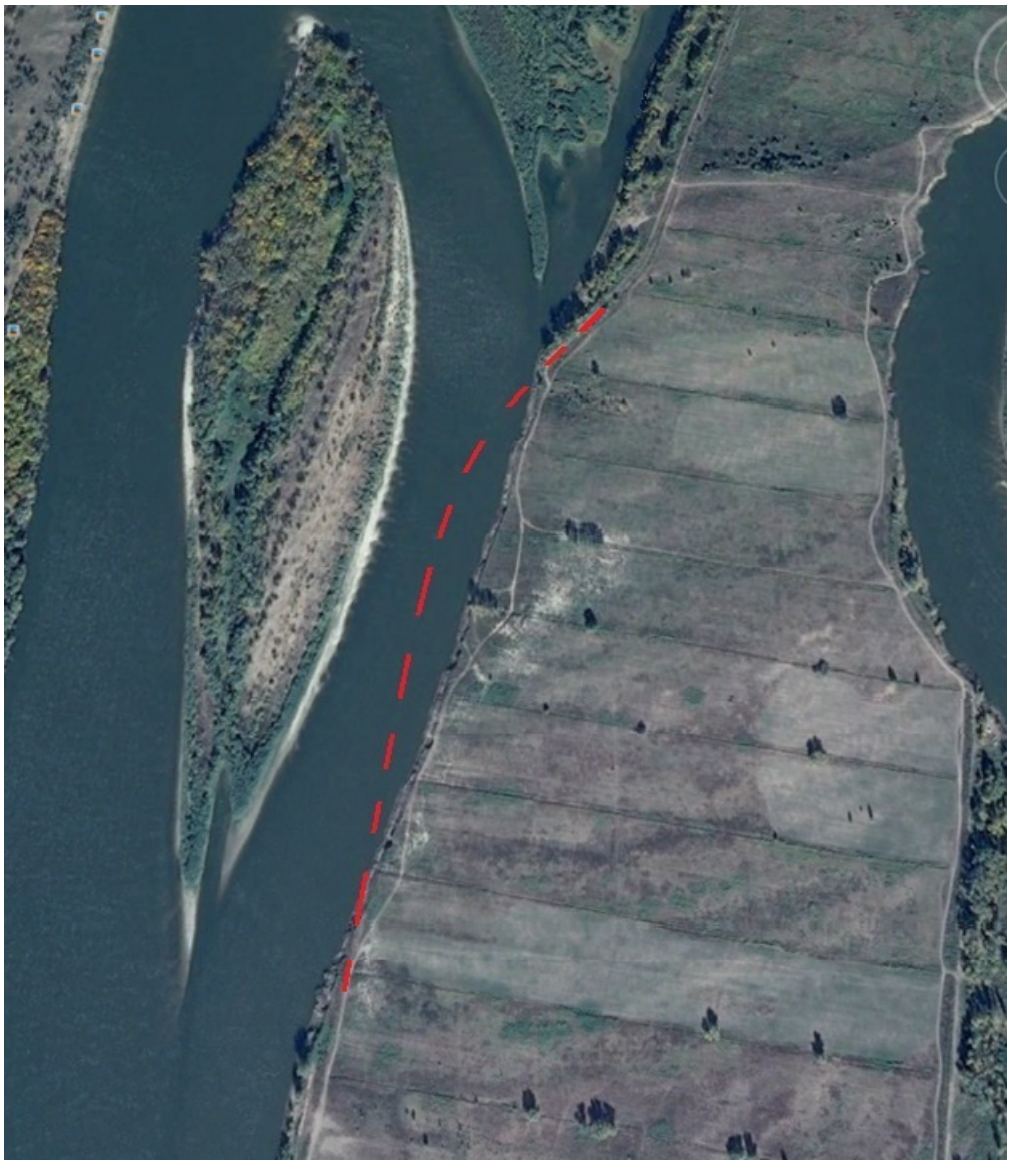


Рисунок 1 - Местоположение участка наблюдений
(Примерное положение размытой дамбы с водоподводящим трубопроводом для оросительной системы с использованием ДДА-100МА указано пунктиром)

Одной из причин возникновения погрешностей при расчетах пропускной способности пойм является наличие растительности при этом увеличением коэффициента шероховатости влияние растительности, особенно древесной, не

ограничивается. Исходя из результатов многолетних наблюдений, можно сделать вывод, что действие растительности значительно более многообразно.

В межень, во время созревания семян ветроопыляемых деревьев (в нашем случае ива и тополь), большое количество ивового, а также тополиного пуха приносится течением и откладывается в волноприбойной зоне. При благоприятных условиях семена прорастают, и проростки могут достичь степени развития, при которой возможна перезимовка (рис. 2).

Паводком следующего года вновь образовавшаяся поросль, как правило, уничтожается, выживают растения не чаще одного раза в 7-10 лет.

Древесные растения растут в виде длинных вытянутых обособленных полос (рис. 1). Такие полосы представляют собой естественные дамбы, за которыми осаждение наносов идет более интенсивно, вследствие чего образуется уступ высотой порядка 2 м (рис. 3).

Рисунок 2 - Ростки тополя текущего года. Фото автора 10.10.2016 г.

Рисунок 3 - Образование уступа в месте расположения полосы древесной растительности. Фото автора 10.10.2016 г.

От уреза воды и до уступа сохраняется угол естественного откоса осажденных взвешенных наносов. Так, как в нашем случае отлагаемые под водой наносы состоят из песка средней и мелкой фракции, угол естественного откоса составляет 20-25° [5]. Вследствие этого массивы песков становятся более стабильными и на их поверхности появляются новые отложения [6].

Выше уступа отложения наносов более пологие, почти горизонтальные (рис. 4).

Рисунок 4 - Расположение отложений выше полосы древесной растительности. Фото автора 10.10.2016 г.

Такому расположению наносов способствует травянистая растительность, формирующаяся между полосами древесной. При этом следует отметить безусловное и значительное увеличение шероховатости покрытой растительностью поверхности наносов. Горизонтальное, а не под углом естественного откоса, расположение наносов возможно только выше полосы древесной растительности, препятствующей размыванию. Следующий уступ находится на расположенной параллельно полосе древесной растительности. Таких уступов может быть несколько.

В условиях паводка, когда направленность потока параллельна (или близка к параллельной) полосам древесной растительности, полосы служат направляющими потока и способствуют горизонтальному расположению отложений.

Ниже ближайшего к руслу уступа ежегодная мощность выпавших во время паводка осаждений напрямую зависит от угла между направлением течения и расположением полосы древесной растительности, достигая максимума при угле 90°. При прочих равных условиях, чем больше угол, тем ниже турбулентность речного потока за полосой растительности и, соответственно, транспортирую-

щая способность потока. При этом мощность осаждений может в разы превышать расчетную (определенную с использованием общепринятого коэффициента шероховатости) [7,8,9].

Можно сделать вывод, что влияние пойменной растительности не ограничивается только увеличением коэффициента шероховатости при прохождении паводка. Способы воздействия растительности, особенно древесной, на поток довольно разнообразны, мало изучены и, по-видимому, не ограничиваются указанными примерами.

Приведенная информация имеет большое значение для определения местоположения и предполагаемого срока службы гидротехнических и гидромелиоративных сооружений, расположенных в непосредственной близости от водотока. Наличие растительности способствует отложению осаждений, увеличивающих размывающую способность по отношению к противоположному берегу, что ведет к существенному снижению реального срока эксплуатации сооружений по сравнению с расчетным. Так, на рисунке 1 видно, что возникшие в результате воздействия растительности наносы способствовали размыву дамбы с водоподводящим трубопроводом для оросительной системы (в данном случае оросительная система с использованием ДДА-100МА, видны оросительные каналы на расстоянии 100 м друг от друга).

Так как размывающее воздействие русла на берег возрастает при намыве противоположного, наличие полос древесной растительности на вогнутом берегу практически всегда ведет к повышенной интенсивности размыва.

По нашим данным, для снижения размывающего воздействия достаточно регулярно уничтожать возникшую древесную поросль текущего года. Поросль уничтожается поздним летом и осенью, в межень, обычно для этого достаточно эффективно применение мотокультиватора. Лучшие результаты дает двукратная обработка с интервалом 15-20 дней.

Список использованных источников

1. Барышников Н.Б. Гидравлические сопротивления речных русел. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2003 г., 153 с.

2. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. -М.: Изд-во МГУ, 1986 г., 263 с.

3. Чалов Р. С. Русловые процессы (русловедение). Учебное пособие. Изд-во ИНФРА-М, М., 2015. 565 с.

4. Караушев А. В. Речная гидравлика. Гидрометеорологическое издательство. Л., 1969 г., 418 с.

5. Госстрой Российской Федерации. Союздорпроект. Сборник вспомогательных материалов для разработки пособия по рекультивации земель, нарушаемых в процессе разработки карьеров и строительства автомобильных дорог. -М.: 2000 г. gostrf.com›normadata/1/4293853/4293853821.htm/ (дата обращения 12.06.2019).

6. Злотина Л.В., Беркович К.М. О влиянии прибрежной растительности на русловые процессы **/Сб.** География и природные ресурсы – Изд-во Гео, Новосибирск. - 2012. №1. – С. 31-37.

7. Карасев И.Ф., Коваленко В.В. Статистические методы речной гидравлики и гидрометрии. Гидрометеоиздат, СПб. 1994 г., 208 с.

8. Чоу В.Т. Гидравлика открытых каналов. Стройиздат, М. 1969 г. 462с.

9. Строительные нормы и правила. СНиП 3.07.03-85*. Мелиоративные системы и сооружения. Утверждены постановлением Госстроя СССР № 230 от 16.12.1985. docs.cntd.ru›document/901701435/ (дата обращения 12.06.2019).

УДК 502/504: 631.6.02

ПЕРСПЕКТИВА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОХОЖДЕНИЯ ПАВОДКОВ И ВОЛН ПРОРЫВА В ВИДЕ 3D МОДЕЛИ

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

Программное обеспечение для оценки прохождения паводков и волн прорыва в виде 2D модели активно используется гидротехниками и различными ведомствами [1]. Данные программы хорошо зарекомендовали себя в моделировании чрезвычайных ситуаций, что в первую очередь позволяет обезопасить население и инфраструктуру [2]. Однако, как показывает время и опыт, даже и более совершенные программы не могут максимально точно смоделировать ту или иную ситуацию.

Причиной тому является:

1) Неактуальные данные по объекту исследования;
2) Ручной ввод и обработка данных;
3) Осредненные данные по растительности (цвет пикселя);
4) Не учтенные тип и состояние почв на затапливаемых территориях;
5) Высокая погрешность топографических измерений.

Основная часть данных для работы программ в 2D моделях извлекается из космических снимков, которые в свою очередь не всегда являются точными, так как размер пикселя в среднем составляет 50х50 метров.

Предлагаемая нами 3D модель, несмотря на трудоемкость оцифровки (рис. 1), будет использовать данные ДЗЗ (Дистанционное Зондирование Земли) лишь с БПЛА (беспилотный летательный аппарат) (10х10 метров). Это позволит построить максимально точный рельеф местности затапливаемой территории и указать тем самым более точно тип растительности и характеристики почв [3].

Предполагается, что характеристики почв в виде показателей влажности будут передаваться заранее установленными датчиками из контрольных точек (на сельскохозяйственных угодьях фермерских хозяйств и метеостанциях). Соответственно, для полноценной функциональности 3D модели в автоматизированном режиме, потребуется база данных, из которых будут извлекаться необходимые характеристики для моделирования ситуаций с прохождением водного потока на затапливаемых территориях [3].

База данных будет представлять собой архив по каждому объекту исследования, включенному в автоматизированную систему мониторинга, где будут находиться данные, полученные с датчиков в формате (.txt) или (.csv). Данный формат облегчит обработку данных, а также не потребует перепрошивки датчиков, которые работают в таких форматах [4].

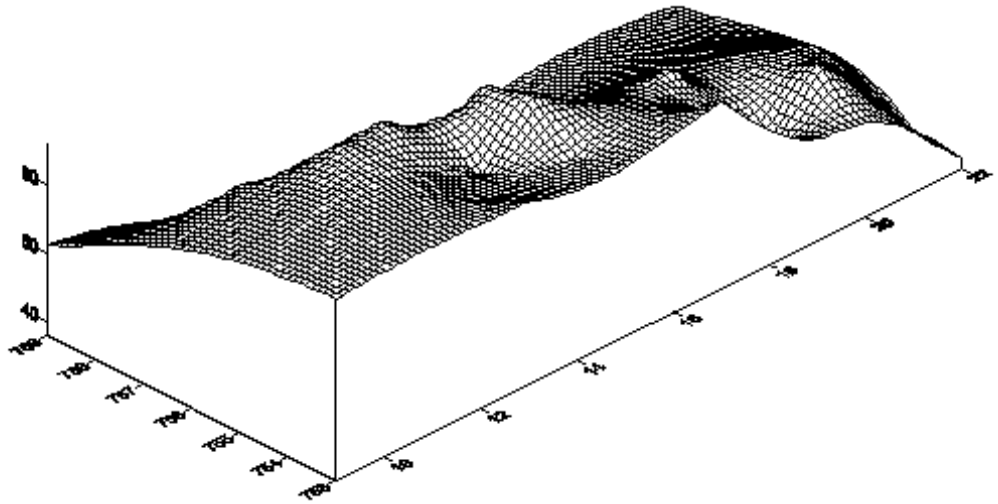


Рисунок 1 - Пример оцифровки рельефа местности [3]

Установленные датчики будут передавать данные через сотовую или проводную связь в единую базу данных.

Периодичность передачи данных будет зависеть напрямую от качества установленных датчиков. В идеальном варианте рассматривается передача данных с целью осуществления периодичного наблюдения за нижним бьефом водохранилища [3].

Оцифровка карт будет производиться в программах Surfer и QGIS. Водные объекты будут представлены в виде анимации на языке программирования C++. Анимация будет полностью соответствовать показателям с датчиков уровней воды в верхнем бьефе, установленных на данных объектах (рис. 2) [4].

Привязка к водным бассейнам данных Росгидромета также позволила бы более точно рассчитывать объемы поступления воды поверхностным стоком.

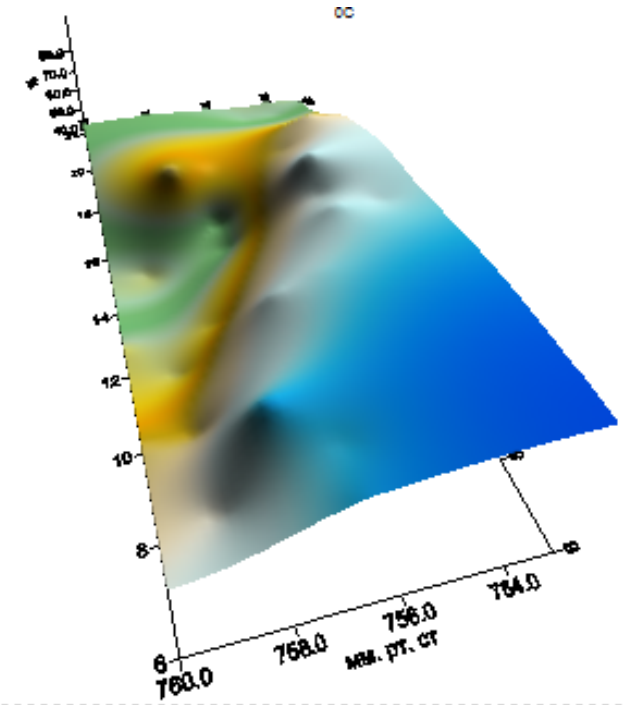


Рисунок 2 - Трехмерная поверхность на основе сеточного файла

Несомненно, программное обеспечение в виде 3D модели будет иметь ряд недостатков:

1) Большие трудозатраты;

2) Большие экономические затраты для каждого объекта исследования;

3) Необходимость работы на пользовательском компьютере, способном одновременно выполнять огромное множество расчетов.

Однако данное программное обеспечение сможет значительно снизить недостатки своих предшественников. Программное обеспечение в виде 3D модели будет обладать рядом преимуществ:

1) Использование реальных данных для моделирования процессов прохождения водных потоков за счет установленных датчиков;

2) Возможность работы базы данных с программой, как в автоматическом режиме, так и с ручным вводом;

3) Увеличение точности получения характеристик растительности за счет снимков, полученных с беспилотных летательных аппаратов;

4) Внесение в базу данных типа и характеристик почв, позволяющее точно рассчитывать границы затопления;

5) Существенное снижение погрешности топографических измерений за счет оцифровки снимков, полученных с беспилотных летательных аппаратов.

Список использованных источников

1. Наумова Т.В., Пикалова И.Ф. «Оценка изменений скоростного режима на пойме при взаимодействии паводка с гидротехническими сооружениями». Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК нечерноземной зоны Российской Федерации. Материалы международной научно-практической конференции 24 – 25 октября 2018 г. –М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019. 597 с.

2. Русин И.Н. Стихийные бедствия и возможности их прогноза. - СПб, изд., РГГМИ, 2003 – 140 с.

3. Науменко Н.О., Новиков А.В., Сумарукова О.В. «Веб-система автоматизированного мониторинга безопасности гидротехнических сооружений», «Colloquium-journal» Wydrukowano w Chocimska 24, 00-001 Warszawa, Poland, 2019. – 38 с.

4. Жезмер В.Б., Матвеев А.В., Федотова Е.В., Дудаков Н.К. «Организация веб-системы автоматизированного ведения мониторинга ГТС». Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК нечерноземной зоны Российской Федерации. Материалы международной научно-практической конференции 24 – 25 октября 2018 г. – М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019. 597 с.

УДК 502/504:631.6.02

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТНОСТИ РАБОТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА

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

Федеральное финансирование на капитальный ремонт государственных, муниципальных и бесхозных гидротехнических сооружений (ГТС), а также на

ликвидацию тех, восстанавливать которые уже нецелесообразно, выделяется в соответствии с федеральными госпрограммами по распоряжению о распределении средств между субъектами РФ и подписывается премьер-министром.

В настоящее время средства от налога на водопользование поступают в федеральный бюджет, а затем в Федеральное агентство водных ресурсов для направления хозяйствующим субъектам, имеющим на балансе водохозяйственные объекты и гидротехнические сооружения. Общий объем бюджетного финансирования вырос с 2006 года почти в 4 раза, но реальных улучшений так и не принес. Без широкого привлечения научных организаций и кардинального изменения существующей системы планирования восстановить и модернизировать водные объекты не представляется возможным (https://www.eg-online.ru/article/88423/, дата обращения 14.08.2019). Стремление Управления водными ресурсами оптимизировать системы управления сложным природным комплексом (Министерство, Агентство и службы эксплуатации) не всегда дают ожидаемый результат по принимаемым мерам, что приводит к дублированию функций, размыванию и бессистемному распределению средств федерального бюджета. Ведомственная разобщенность не позволяет проводить единую техническую политику в области безопасности на водных объектах и гидротехнических сооружениях и концентрировать средства для реализации важнейших проектов, устранения в первую очередь выявленных в результате проверок Главным контрольным управлением Президента РФ нарушений в области безопасности ГТС.

Масштабность поставленных Водной стратегией Российской Федерации целей и задач требует для их решения реализации комплексной системы мер и мероприятий с использованием программно-целевого метода, поскольку эти мероприятия:

– входят в число приоритетов для формирования целевых программ;

– относятся в значительной части к вопросам федерального уровня (ряда федеральных органов исполнительной власти), так как большинство водных объектов и крупнейших гидротехнических сооружений находятся в федеральной собственности;

– носят межотраслевой и межведомственный характер;

– носят комплексный характер и направлены на повышение эффективности деятельности хозяйствующих субъектов в отраслях, использующих водные ресурсы;

– требуют значительных объемов бюджетного финансирования.

Анализ современных стратегических программ развития территорий (регионов) показывает, что они, как правило, сводятся к перечню мероприятий с расчетами потребного количества финансовых ресурсов, что безусловно должно входить в состав программы. Однако, концептуальная основа приведенных мероприятий должна состоять из решения сложного вопроса их реализации, по крайней мере, приоритетных мероприятий. Программно-целевой метод планирования (проектирования) отличается от современных стратегических планов и программ более тесной связью с общей концепцией – системным подходом, в

основе которого лежат две главные идеи: системное рассмотрение сложных объектов и управление с помощью обратной связи. Одной из методологических черт системного подхода является вариантность с целью выявления и выбора наилучшей альтернативы т.е., проанализировав множество возможных вариантов решения проблемы, наиболее полно и качественно оценить ее.

Одна из сформированных федеральных целевых программ «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» (далее Программа) [1] предусматривает комплексное решение вопросов, связанных с использованием водных объектов, включая рационализацию использования водных ресурсов при соблюдении интересов всех водопользователей, в том числе с обеспечением безопасности гидротехнических сооружений. Такой подход позволяет объединить в систему отдельные мероприятия и добиться максимального социально-экономического эффекта, сбалансировать развитие территорий и отраслей национальной экономики, создать условия для эффективного взаимодействия всех участников водохозяйственного комплекса.

Модернизационный сценарий федеральной Программы предусматривает решение важнейшей задачи относительно гидротехнических сооружений -повышение эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений (в том числе бесхозяйных) путем их приведения к безопасному техническому состоянию. В период С 2015 г. по 2020 г. предусматривается ежегодно направлять бюджетные ассигнования на реконструкцию не менее двух гидротехнических сооружений на действующих водохранилищах с целью повышения водоотдачи и обеспечения их работы на проектных мощностях.

Основными рисками, связанными с использованием программно-целевого метода решения проблемы, может послужить недостаточность финансирования Программы за счет средств федерального бюджета, сокращение объемов финансирования мероприятий Программы за счет средств бюджетов субъектов РФ, несвоевременное принятие решений на региональном уровне о совместном финансировании мероприятий. Учитывая, что Программой предусмотрено формирование системы текущего и оперативного управления, контроля и мониторинга достижения целевых показателей, риски от реализации мероприятий Программы минимальны.

Важной задачей, требующей решения, является обеспечение безопасности гидротехнических сооружений. Неотъемлемой частью этой задачи является определение приоритетности работ по восстановлению гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса. Согласно данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по состоянию на конец 2010 года более 1600 гидротехнических сооружений имеют неудовлетворительный и опасный уровень безопасности. С учетом естественного износа общее количество гидротехнических сооружений с неудовлетворительным и опасным уровнем безопасности к 2020 году может достигнуть 2700-3000. На таких гидротехнических сооружениях высока вероятность возникновения аварий, которые могут привести к значительным ущербам и катастрофическим послед-

ствиям. Для решения проблемы приведения аварийных гидротехнических сооружений в безопасное состояние в рамках Программы предусмотрен капитальный ремонт 1017 гидротехнических сооружений.

Отказ от использования программно-целевого метода в условиях наблюдаемого в последние годы сокращения выделения бюджетных средств и частных инвестиций на поддержание и модернизацию водохозяйственной инфраструктуры будет характеризоваться нарастанием тенденций снижения уровня безопасности гидротехнических сооружений, увеличением количества и частоты возникновения локальных дефицитов водных ресурсов и сохранением высокого уровня потерь воды.

В нашей стране эксплуатируется около 65 тыс. гидротехнических сооружений, в том числе 29,4 тыс. напорных (в гидроэнергетике, водном транспорте, рыбном и сельском хозяйстве) и около 10 тыс. км защитных сооружений (дамб). Причем, практически все напорные ГТС являются потенциально опасными для населения, так как их износ составляет почти 50% в своем большинстве. Кроме того, произошедшие аварии могут наносить ущерб в действующих ценах от 2 до 10 млрд. рублей в год.

В соответствии с Федеральным законом от 21.07.97 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» ответственность за ГТС несут собственник и эксплуатирующая организация (возможно одно и то же лицо). По официальным данным, в федеральной собственности находится 1931 гидротехническое сооружение, 7675 гидротехнических сооружений относятся к региональной собственности. В негосударственной собственности (муниципальной, либо юридических и физических лиц) находятся 16 087 ГТС. Бесхозными признаны 3695 гидротехнических сооружений. Большая часть гидротехнических сооружений не имеет достаточного квалифицированного обслуживающего персонала и находится в эксплуатации длительное время (от 20 до 50 лет). Существенная часть гидротехнических сооружений (в количестве 293) эксплуатируются более 100 лет, так, например, Кочетковский гидроузел на Нижнем Дону (год строительства 1919), гидроузел «Белоомут» на Оке (год строительства 1913) [2]. У многих гидротехнических сооружений, имеющих предназначение - сельское хозяйство, сроки эксплуатации приближенны к норме эксплуатации (при норме 50 лет). Достаточно сложно обстоят дела с малыми и средними ГТС (IV класс сооружений), для многих из которых критерии безопасности и Декларации безопасности не разработаны, на местах отсутствуют частично или полностью проектная документация, необходимая контрольно-измерительная аппаратура, позволяющая в полной мере получать картину реального состояния сооружений; наблюдается дефицит квалифицированных специалистов. Все эти обстоятельства способствуют тому, что в значительной мере затрудняется проведение мониторинга показателей ГТС, что, соответственно, препятствует принятию решений по приоритетности восстановления сооружений, капитального либо текущего ремонта. Также нередко возникает спорность вопроса отнесения ГТС к классу сооружений (Ш или IV), что в значительной степени затрудняет разработку критериев безопасности для этих гидротехнических сооружений. Состояние бесхозных

напорных гидротехнических сооружений по меньшей мере неизвестно и, поскольку действенных мер по их передаче в собственность муниципальных образований или хозяйствующих объектов не предпринимается, соответственно не принимаются решения и по их ликвидации. Тем не менее, аварии на подобных сооружениях могут происходить и сопровождаются человеческими жертвами, экологическими и финансовыми убытками (крупные аварии на подобных сооружениях в Свердловской и Пермской областях сопровождались человеческими жертвами и многомиллиардными убытками //по источнику: https://www.eg-online.ru/article/88423/ дата обращения 14.08.2019).

С целью своевременной оценки состояния ГТС совершенно очевидна необходимость ведения их непрерывного мониторинга с получением максимального объема необходимой информации по количественным и качественным характеристикам состояния сооружений. На основании данных мониторинга, трансформированных в декларации безопасности гидротехнических сооружений, принимаются решения о целесообразности ремонта, реконструкции, нового строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации ГТС, входящих в состав гидротехнического комплекса, гидромелиоративной системы [3]. На рисунке 1 представлена унифицированная блок-схема формирования понятий, позволяющих произвести анализ установления приоритетов для организации работ по восстановлению (ремонту) гидротехнических сооружений в целях нормальной эксплуатации (либо ликвидации опасных ГТС), опираясь, в том числе, на финансово-экономическое обоснование.

Только компромисс интересов всех заинтересованных участников способен поддерживать сбалансированность развития, понятие которого отражает реальную вероятность достижения рационального согласования разносторонне направленных интересов населения, хозяйствующих субъектов и природной среды. Сохранение и поддержка эколого-экономической сбалансированности может послужить гарантом устойчивых долгосрочных эколого-экономических отношений в благоприятных для общества, экономики и природы направлениях [4].

Результаты исследований предназначены для формирования научно-методической базы в единой информационной системе по основным направлениям рационального использования ресурсов в сельском хозяйстве, системного подхода в инвестиционной политике при оценке приоритетов финансирования проектов по восстановлению ГТС на базе реконструкции существующих ГМС в зависимости от состояния соответствующих сельхозугодий.

Заключение. В целях улучшения ситуации с безопасностью ГТС и систематизации принятия решений по их ремонту и восстановлению целесообразна разработка научно-методических основ, базирующихся на системном подходе и анализе хозяйственной и технической ситуации в совокупности составляющих элементов сложного природно-хозяйственного комплекса. Для решения вопросов приоритетности работ по восстановлению гидротехнических сооружений целесообразно и необходимо осуществить ряд мероприятий с выделением соответствующего финансирования:

– провести полную инвентаризацию всех существующих ГТС с последующей организацией и ведением их мониторинга, разработкой критериев безопасности и составлением Деклараций безопасности;

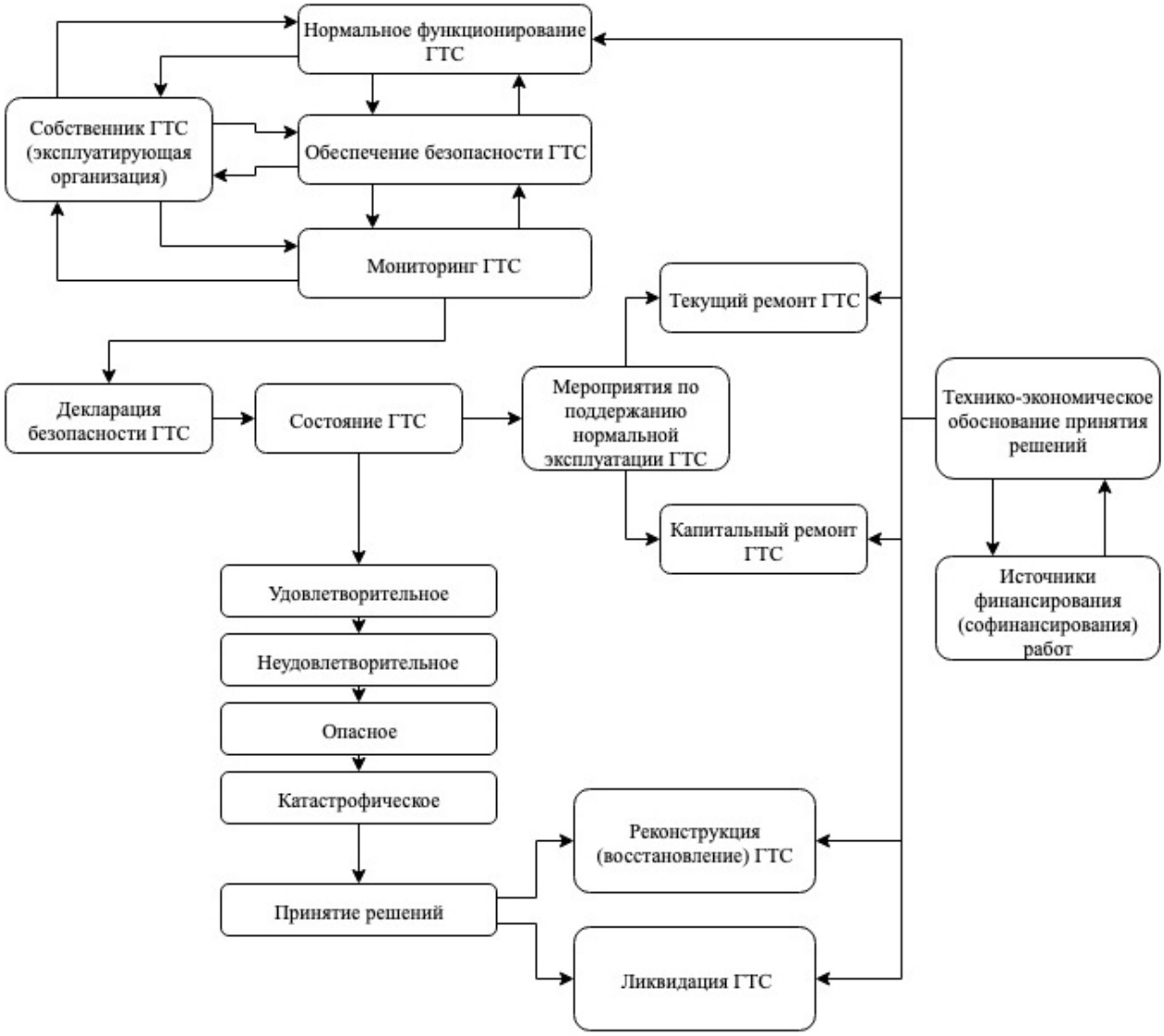


Рисунок 1 - Унифицированная блок-схема определения приоритетности работ по восстановлению ГТС

– уделить внимание решению вопроса отнесения гидротехнических сооружений, имеющих статус «бесхозяйные» в собственность - федеральную, муниципальную или иную во избежание безответственности в случае произошедшей аварии, повлекшей за собой человеческие жертвы и нанесение ущерба хозяйственным объектам, финансового обеспечения гражданской ответственности в случае возмещения причиненного вреда в размере собственных средств собственника (эксплуатирующей организации);

– обеспечить декларирование безопасности ГТС и завершить формирование федерального регистра, включающего все существующие ГТС с указанием назначения, класса и вида ГТС, срока эксплуатации и т.п. в соответствии с установленными требованиями при регистрации;

– создать единую информационную систему обеспечения безопасности на водных объектах и ГТС.

Данные предложения при поддержке соответствующих органов, ученых и эксплуатационников различных водохозяйственных организаций позволят решить вопрос единства функций хозяйственного управления водными объектами и гидротехническими сооружениями на них, что исключительно важно для решения производственных задач.

Список использованных источников

1. Об утверждении Концепции федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» от 28 июля 2011 года N 1316-р.

2. «Экономика и жизнь», №14 (9124) 2006г.

3. Сидорова С.А. Обоснование необходимости разработки основных положений защиты гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса и единых требований по их безопасной эксплуатации. Сборник научных трудов. - М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019. - 338 с.

4. Баширова А. А. Формирование стратегии регионального развития с позиций эколого-экономической сбалансированности / А. А. Баширова // Экон. науки. -2010. -№ 72. -с. 87-90.

УДК 502/504:626:627.8

ПРОГНОЗ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН IV КЛАССА ПРИ ОТСУТСТВИИ РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В.Л. Снежко, О.С. Симонович
ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

На территории Российской Федерации расположено 24,7 тысяч комплексов гидротехнических сооружений, отнесенных к классу низкой опасности (IV класс), что составляет 95,7% от их общего числа. В Государственном докладе «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году» отмечено, что большинство водоподпорных сооружений представляют собой малые и средние плотины «… многие из которых эксплуатируются без реконструкции и ремонта и являются объектами повышенной опасности…» [1].

По действующим нормативам грунтовая плотина имеет IV класс опасности, если: ее высота не выше 15 м (20 м на скальном основании); водохранилище мелиоративного назначения объемом не более 50 млн. $м^3$; максимальный напор ниже 8 метров; чрезвычайная ситуация распространяется в пределах одного хозяйствующего субъекта, а вероятный ущерб не превышает 100 млн. рублей [2]. В состав мелиоративно-водохозяйственного комплекса сегодня входят порядка 230 водохранилищ, их сооружения находятся в ведении Министерства сельского хозяйства. Плотины этих гидроузлов имеют возраст от 30 до 50 лет и более, что является предельным сроком эксплуатации для сооружений IV класса опасности.

На начало 2018 года 13,4% ГТС водохозяйственного комплекса были бесхозяйными. Бесхозяйные гидроузлы, как правило, были расположены на прудах мелиоративного и сельскохозяйственного назначения, эксплуатировались для

местных нужд и относились к классу низкой опасности. Эти комплексы построены ныне обанкротившимися либо ликвидированными сельскохозяйственными организациями. На объектах энергетики, промышленности и водного транспорта в Российской Федерации бесхозяйных ГТС сегодня не числится.

Одной из задач Федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» является «… повышение эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений (в том числе бесхозяйных) путем их приведения к безопасному техническому состоянию …» [3]. К 2020 году доля ГТС с неудовлетворительным и опасным уровнем безопасности не должна превышать 49,5% от общего их числа. Обеспечения безопасности ГТС водохозяйственного назначения IV класса осложняется частым отсутствием на них проектной документации, отсутствием или низким уровнем подготовки эксплуатационного персонала, недостатком запасов строительных материалов и техники для локализации или ликвидации возможных чрезвычайных ситуаций [4].

Для проведения капитального ремонта или ликвидации ГТС (в том числе бесхозяйных) из Федерального бюджета субъектам Российской Федерации и муниципальным образованиям запланировано выделение субсидий. Распределение субсидий по объектам согласовывается с Федеральным агентством водных ресурсов. Только в 2017 году 66 ГТС было ликвидировано, право собственности оформлено на 170 ГТС.

Для оформления права собственности на бесхозяйные ГТС согласно статье 225 Гражданского кодекса Российской Федерации необходимо заявление органа местного самоуправления, на территории которого находится бесхозяйное сооружение. Если сооружение имеет потенциально опасное состояние, администрация муниципального образования формирует пакет документов, необходимый для проведения капитального ремонта сооружения, в который включается гарантийное письмо, подтверждающее, что ГТС после проведения капитального ремонта будет поставлено на баланс организации. Тем не менее, в Государственном Докладе отмечено, что «…В реальности бесхозяйные ГТС передаются в собственность владельцам, не имеющим необходимой квалификационной подготовки, без соответствующей проектной и технической документации» [1].

В сложившейся ситуации актуальной задачей является прогноз уровня безопасности ГТС с течением времени при отсутствии ремонта и эксплуатационных мероприятий, который может быть использован как администрацией муниципальных образований, так и собственниками сооружений для планирования средств, выделяемых на перспективу на ремонт или поддержание необходимого уровня безопасности сооружений.

По результатам мониторинга территориальных управлений Ростехнадзора по количеству поднадзорных гидротехнических сооружений среди субъектов Российской Федерации первое место занимает Ставропольский край (14% от общего числа ГТС), второе – Воронежская область (7%), третье место принадлежит Московской области (7%). В Московском государственном университете природообустройства, а впоследствии Российском государственном аграрном универ-

ситете имени К.А. Тимирязева с 1997 года проводятся исследования, посвященные проблеме обеспечения безопасности ГТС. Наибольший объем работ был выполнен для малых гидроузлов, расположенных на территории Московской области [5]. Исследования включали два этапа. На первом этапе выполнено экспертное обследование ГТС и сведение данных в единую электронную базу, которая к 2014 году содержала данные о сооружениях 1218 гидроузлов, расположенных на территории всех муниципальных районов Московской области (некоторые из которых впоследствии были включены состав г. Москвы). Характеристики сооружений включали в том числе сведения об их возрасте, техническом состоянии, уровне безопасности и основных повреждениях, наличии службы эксплуатации и собственнике.

Следующим этапом стал поиск методов анализа полученной информации [6]. В рассмотрение были включены только гидроузлы, не имеющие собственника или службы эксплуатации и относящиеся к IV классу. Сформирована выборка, включающая сведения по 1018 грунтовым плотинам, возраст которых не превышал нормативный срок эксплуатации – 50 лет. Объем водохранилищ, создаваемых плотинами, в среднем составлял 0,14 млн. м^3. Среднее значение максимальной высоты плотины в русловой части составляло 5,8 метров, при этом высоту до 10 метров имели подавляющее большинство плотин (94%). Гидроузлы использовались для сельскохозяйственных и технических нужд, пожаротушения, рекреации. Уровень безопасности плотин распределился следующим образом: 8,7% плотин имели нормальный уровень безопасности, 46,3% – пониженный, 28,7% – неудовлетворительный и 16,3% опасный уровень безопасности. Для возможности дальнейшей кросс-проверки полученных прогнозных зависимостей в расчете были использованы данные по 861 сооружению, остальные 157 (15%) в дальнейшем только сопоставлялись с прогнозными кривыми. Распределение возраста обследованных плотин приведено на рисунке 1.

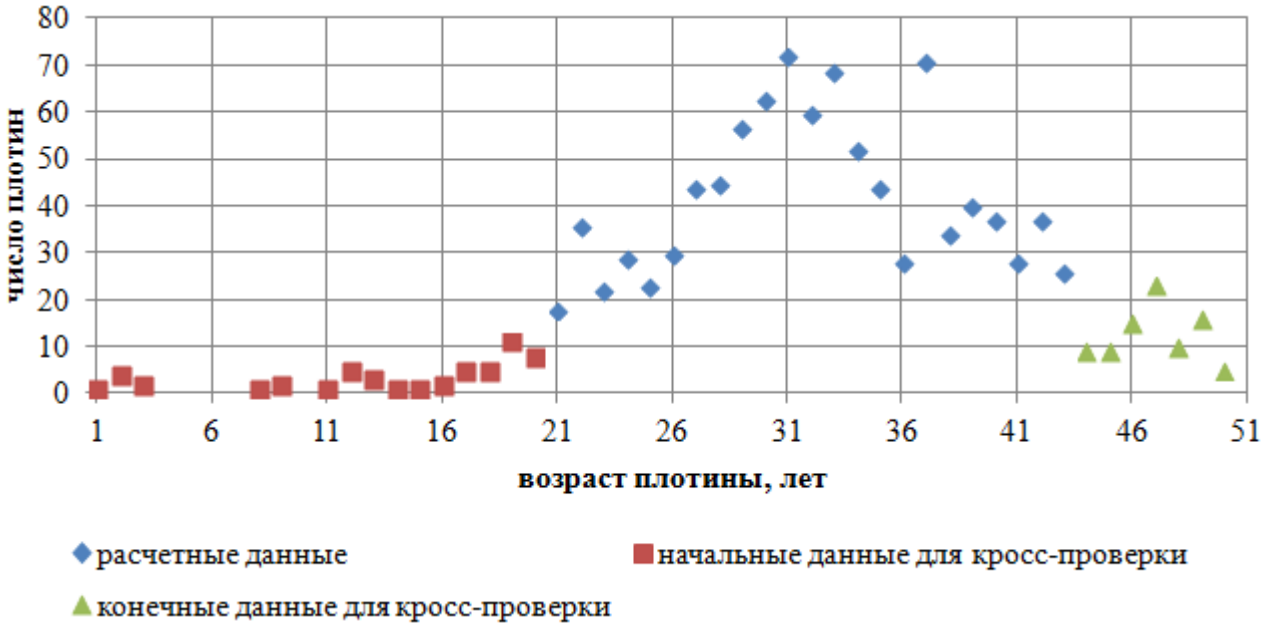


Рисунок 1 - Распределение возраста обследованных плотин

Среди обследованных плотин одного возраста уровень безопасности распределялся различным образом. Например, из 44 плотин в возрасте 27 лет 5 имели опасный уровень безопасности, 14 неудовлетворительный, 16 пониженный и 9 нормальный. Из 40 плотин возраста 39 лет 12 плотин имели опасный уровень, 10 неудовлетворительный, 15 пониженный и только 3 сооружения сохранили нормальный уровень безопасности. Для каждого возраста были вычислены относительные частоты, равные частному от деления числа сооружений, соответствующих каждому из уровней безопасности, к общему числу обследованных сооружений данного возраста. Для приведенных примеров частотные ряды по уровням безопасности имели вид:

Опасный	Неудовлетворительный	Пониженный	Нормальный
0,11	0,32	0,36	0,20
0,30	0,25	0,38	0,08

Вид частотных рядов позволил сделать вывод о том, что с течением времени у сооружений, не имеющих собственника либо службы эксплуатации, уровень безопасности снижается [7]. До определенного возраста преобладают плотины с нормальным и пониженным уровнем безопасности, затем чаще встречаются плотины неудовлетворительного уровня, а на границе нормативного срока службы начинает увеличиваться число плотин, имеющих опасный уровень.

Наблюдаемое явление может быть математически формализовано как случайный процесс, или случайная функция, аргументом которой является время. Эта случайная функция может принимать 4 качественных состояния, соответствующих нормальному, пониженному, неудовлетворительному и опасному уровням безопасности грунтовой плотины. Время принимает дискретные значения – 1 год, в силу двух причин:

– возраст обследованных плотин при отсутствии технической документации с большей точностью определить не представляется возможным;

– в течение года проходит полный цикл изменения нагрузок на сооружение (температурные колебания, динамика уровней воды в бьефах в период межени и половодья и т.д.).

Восстановления сооружения не происходит. В пределах нормативного срока службы уровень безопасности плотины будет снижаться, пока не станет опасным, то есть система не перейдет в конечное (поглощающее) состояние. Этот процесс характеризуется как процесс чистой гибели. Изначально предполагалось, что за 1 переход (за 1 год) плотина может снизить свой уровень безопасности только на 1 порядок, то есть либо сохранить исходный уровень безопасности, либо снизить его до последующего.

С точки зрения теории случайных процессов возможны два варианта реализации смены состояний предлагаемой системы: с постоянной интенсивностью λ_{ij} переходов системы из состояния i в состояние j (или задержек в состоянии i – λ_{ii}) с течением времени, либо с переменной интенсивностью. В обоих случаях это

будет процесс с дискретным временем и дискретными состояниями, который принято описывать цепью Маркова. При постоянных интенсивностях цепь Маркова будет однородной, при переменных (зависящих от времени) интенсивностях перехода цепь Маркова будет неоднородной.

Для определения интенсивностей задержек в состояниях, соответствующих каждому из уровней безопасности, были использованы частотные ряды, способ получения которых был описан выше. Сведение в единое факторное поле частот для конкретного состояния плотины в возрасте от 22 до 43 лет позволило методом наименьших квадратов подобрать экспоненциальную кривую надежности для каждого состояния, имеющую вид:

$$P_{ii}(t) = e^{-\lambda_{ii} \cdot t} \quad (1)$$

где: i – уровень безопасности, λ_{ii} – интенсивность задержки в состоянии, соответствующем одному уровню безопасности.

Расчеты показали, что вероятности соответствия плотины как нормальному, так и пониженному уровню безопасности описываются экспоненциальной кривой с постоянной интенсивностью λ, не зависящей от времени. Для нормального и пониженного состояний λ имеет значения 0,065 и 0,025 $^{1}/_{\text{год}}$ соответственно. К примеру, исследования интенсивностей отказов креплений откосов грунтовой плотины, выполненные в работе [8], также доказали возможности использования для прогноза экспоненциальных кривых.

Вероятность соответствия плотины неудовлетворительному или опасному уровням безопасности может быть описана комбинацией двух экспоненциальных кривых надежности, определяемых внутри каждого из интервалов. Интенсивность для кривых неудовлетворительного и опасного уровня на первом интервале (возраст до 28 лет включительно) равна 0,060 и 0,085 $^{1}/_{\text{год}}$. На интервале от 29 до 50 лет λ принимает значения 0,032 и 0,045 $^{1}/_{\text{год}}$.

Фактические значения частот соответствия плотин каждому из состояний, не включенные в расчет (157 сооружений), были нанесены на полученные кривые надежности и показали хорошее совпадение с экспоненциальными зависимостями. Результаты расчетов позволили определить среднее время соответствия плотины каждому из уровней безопасности. Это время является обратной величиной параметра λ. При отсутствии технического обслуживания и ремонта нормальный уровень безопасности грунтовой плотины сохраняется в среднем 15 лет, неудовлетворительный 16 лет, опасный 11 лет.

В общем случае случайный процесс, проистекающий в системе, может быть описан комбинацией однородных цепей Маркова. Разметка графа состояний включала определение вероятностей задержки в состоянии и переходных вероятностей и сведение их в матрицу переходных вероятностей. Вероятности задержки в состоянии вычислялись по формуле (1) при t=1. Переходные вероятности для каждого из состояний определялись по зависимости:

$$p_{ij} = e^{\lambda_{ii}} - 1 \quad (2)$$

В результате получены следующие матрицы переходных вероятностей:
для плотин в возрасте до 28 лет

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} 0{,}937 & 0{,}069 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}975 & 0{,}025 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}937 & 0{,}063 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

для плотин в возрасте от 29 до 50 лет

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} 0{,}937 & 0{,}069 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}975 & 0{,}025 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}967 & 0{,}031 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Выражения (3) и (4) позволили сделать прогноз вероятности соответствия плотины уровням безопасности на всем нормативном сроке службы. Для прогноза достаточно знать уровень безопасности сооружения, определенный экспертным методом, и возраст сооружения на момент обследования. Если плотина имела нормальный уровень, матрицы переходных вероятностей задействуются полностью. Если плотина имела на момент обследования пониженный уровень безопасности, из матрицы следует вычеркнуть первую строку и первый столбец. Для плотины, имеющей неудовлетворительный уровень, из матрицы вычеркиваются две первых строки и два первых столбца.

Вероятностные кривые для прогноза уровня безопасности грунтовой плотины IV класса, полученные с использованием разработанной методики, приведены на рисунке 2. В расчетах учтена смена переходных вероятностей при достижении сооружением возраста 28 лет. По этим кривым можно оценить вероятности соответствия плотины каждому из уровней безопасности при условии, что в момент последнего обследования она имела пониженный уровень.

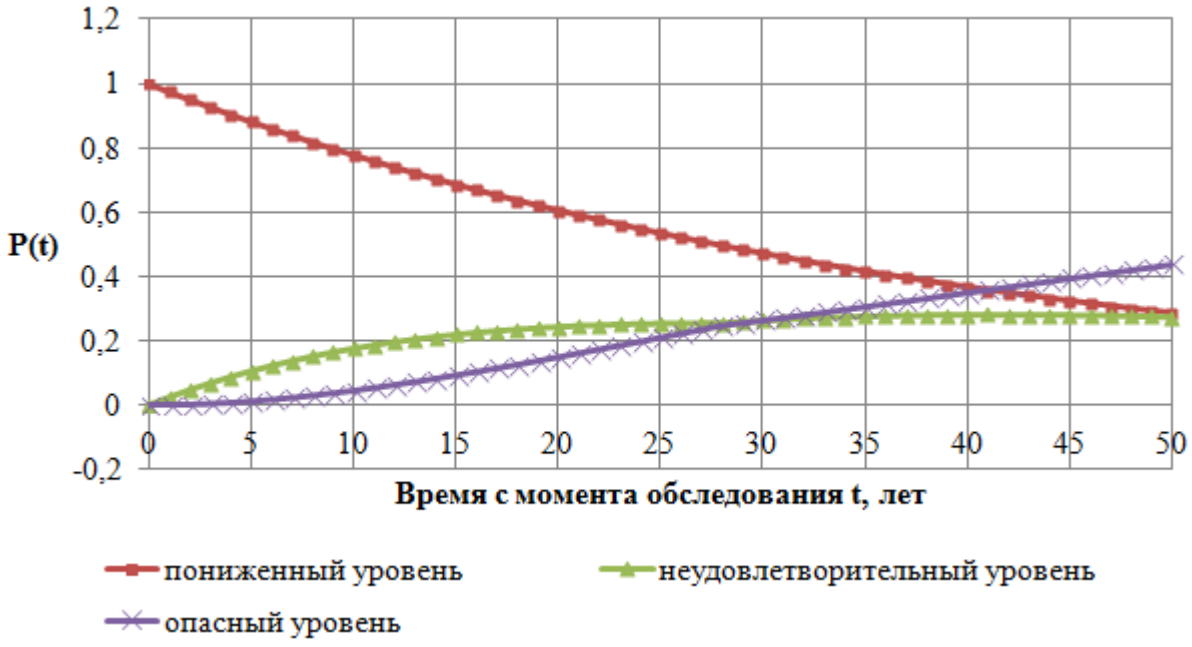


Рисунок 2 - Вероятностный прогноз уровня безопасности грунтовой плотины

Срок прогноза откладывается по оси абсцисс, выбирается та кривая, ордината которой наибольшая. Это и будет наиболее вероятное состояние плотины. Во внимание следует принимать те состояния, вероятность которых превышает 5%. К примеру, в настоящий момент времени собственник не располагает финансовыми средствами для восстановления нормального уровня безопасности или текущего ремонта. Практически невозможно (то есть с вероятностью, меньшей, чем 5%), что в ближайшие 2 года плотина снизит уровень безопасности до неудовлетворительного или опасного. Если же отложить ремонт еще на 13 лет, то снижение уровня безопасности до опасного уже не будет практически невозможным событием (то есть вероятность опасного состояния превысит 5%), а вероятность того, что плотина будет иметь неудовлетворительный уровень, превысит 20%. В этом случае будет необходим уже капитальный ремонт. Кривые достаточно просты в использовании.

Список использованных источников

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». – М.: НИА-Природа, 2018. – 298 с.

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 2 ноября 2013 года № 986 «О классификации гидротехнических сооружений»

3. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2012 года № 350 «О федеральной целевой программе "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» (доступ из системы Гарант).

4. Волосухин В.А., Бондаренко В.Л. Факторы, определяющие безопасности гидротехнических сооружений // Наука и безопасность. 2014. № 3 (12). С. 7 – 8.

5. Волков В.И., Каганов Г.М. Обобщение результатов обследования состояния гидроузлов в Московской области за 2002-2012 гг. // Мелиорация и водное хозяйство. 2012. № 3. С. 5 – 8.

6. Козлов Д.В., Волков В.И., Снежко В.Л. Прогноз уровня безопасности низконапорных и бесхозяйных гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. 2018. № 11. С. 35 – 41.

7. Волков В.И., Снежко В.Л. Статистические методы определения показателей надежности сооружений низконапорных гидроузлов // Природообустройство. 2017. №5. С. 20 – 26.

8. Михеева О.В., Панкова Т.А. К вопросу об эксплуатационной надежности грунтовых плотин // О.В. Михеева, Т.А. Панкова / Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова. 2012, № 7. С. 56–60.

УДК 631.6, 001.57, 556.541:004.94

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

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

Введение

Недостаточно высокий уровень водоучета и не оптимальность управления водораспределением на оросительных системах (ОС) приводят к повышенным

материальным затратам при их эксплуатации, и могут служить причиной перебоев подачи воды. Внедрение новых методик управления оросительно-обводнительными системами, основанных на численном математическом моделировании, позволит повысить оперативность и качество управленческих решений, минимизировать возможные потери. Создаваемые методы регулирования стока позволят улучшить эффективность функционирования гидромелиоративных систем за счет выбора наиболее оптимального режима работы насосных станций и регулирующих сооружений [1, 2].

Материалы и методы

Учет таких закономерностей режима источника водоснабжения, как колебания горизонтов и расходов воды, изменение мутности воды позволяет оптимизировать работу головной насосной станции и мелиоративной системы в целом. Для учета этой информации могут использоваться графики характерных горизонтов воды в водоприемнике [3]. Путем выбора оптимального создаваемого напора насосные станции могут работать в области наивысшего КПД.

Рассмотрим задачу, связанную с функционированием головного водозаборного гидроузла – насосной станции первого подъема оросительно-обводнительной системы. Оптимизация режима работы данной станции может быть выполнена по критерию минимизации затраты электроэнергии на подачу необходимого объема воды, при изменяющемся по известному графику ходу уровня воды в источнике h(t). Необходимо выбрать период включения насосной станции, исходя из необходимого объема подаваемой воды, известного уровня верхнего бьефа, и характеристик самой насосной станции.

Моментальная электрическая мощность может быть вычислена по формуле

$$P = \frac{\rho g Q H}{1000 \eta},$$

где:

P – полная потребляемая мощность, КВт;

η - полный КПД насоса;

ρg - удельный вес жидкости, Н/м^3;

Q - объемная подача насоса, м^3/с;

H - напор, развиваемый насосом, м.

Количество затрачиваемой электроэнергии на подачу определенного объема воды в течение выбранного интервала времени (t_0, t_1) может быть подсчитано как

$$W = \int_{t_0}^{t_1} P(t)dt$$

Таким образом, задача оптимизации сводится к поиску такого интервала (t_0, t_1), при котором W минимальна. Наиболее простым методом нахождения данного решения, с точки зрения программной реализации, является алгоритм последовательного перебора. Суть его заключается в следующем: полный временной интервал разбивается на дискретные значения, и каждое такое значение рас-

сматривается как начальное для запуска насосов. Исходя из необходимого количества подаваемой воды, вычисляется время останова, и затрачиваемая при этом электроэнергия. Тот интервал, при котором затрачиваемая электроэнергия минимальна, считается оптимальным, и выдается в качестве рекомендуемого.

Для практической реализации описанного метода была создана программа FindMax, реализующая описанный алгоритм. При запуске, программа считывает в табличном виде параметры насосной станции в виде графика зависимости потребляемой электрической мощности от создаваемого напора P(h), необходимые требования по объему подаваемой воды и уровню верхнего бьефа, а также произвольный график хода уровней воды в источнике h(t). Методом последовательного перебора с дискретным по времени шагом производится поиск наиболее подходящего интервала времени для работы насосной станции. Если решение не может быть найдено, то выводится соответствующее сообщение. Также проверяются на корректность исходные данные, в частности, нахождение вычисленного напора воды в диапазоне, указанном в характеристике станции P(h). Программа реализована в виде приложения Microsoft Windows, была успешно протестирована на различных наборах исходных данных. Пример исходных данных (кривая хода уровня воды в источнике) и расчетная рекомендуемая временная область включения насосов показаны на рисунке 1.

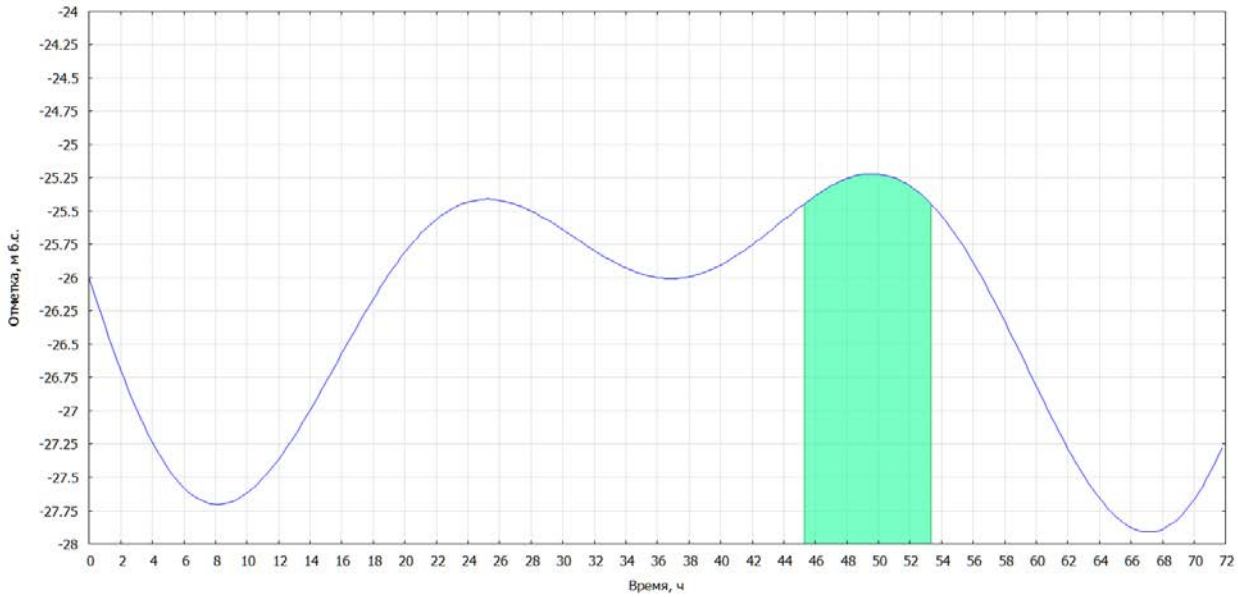


Рисунок 1 - Графическое отображение исходного хода уровней и найденного решения

На основе модельных и фактических данных могут быть созданы правила автоматизированного регулирования режимов функционирования управляющих сооружений, входящих в состав оросительной системы [4].

Предлагаемая система автоматизации состоит из модулей накопления и подготовки данных, модулей математического моделирования и модуля отображения расчетных рекомендаций по регулированию сооружений, входящих в состав мелиоративной системы. Под регулированием обычно подразумевают процесс, при котором физическая величина, например, уровень или расход воды,

непрерывно измеряется и сравнивается с целевым значением, в зависимости от результата сравнения выполняются действия, приводящие к ее сближению с требуемой величиной. Данная последовательность действий выполняется в пределах замкнутого контура – контура регулирования (рисунок 2).

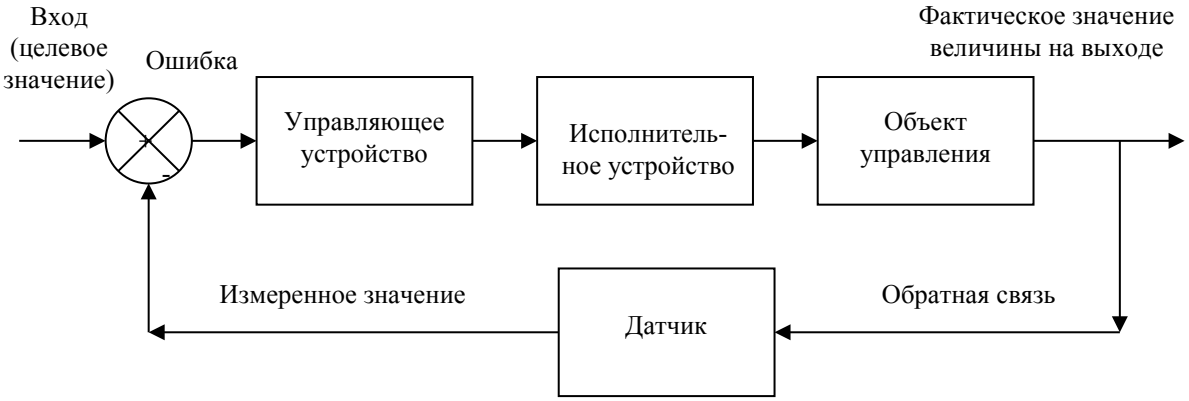


Рисунок 2- Схема замкнутой системы регулирования

Практически все объекты мелиоративных систем обладают инерцией – механической, гидродинамической. При изменении входных сигналов выходной сигнал системы меняется не мгновенно, а в течение некого периода времени. Также выходной сигнал может изменяться и после того, как входной сигнал стал постоянным. Это явление также является примером инерции. Инерция элементов мелиоративной системы связана в основном с накоплением воды в ее элементах, например, магистральных каналах, имеющих кроме основной функции – транспорта воды, также способность ее накапливать и отдавать при изменении характеристик течения. Также некоторой инертностью обладают затворы, насосные станции. При переходных процессах параметры течения могут изменяться не только монотонно, но и колебательно.

По характеру изменения управляемой величины во времени различают статический и динамический режимы. При статическом режиме выходная величина постоянна во времени, такой режим возникает при постоянстве входных воздействий. В таком случае связь между входными и выходными величинами может быть описана алгебраическими уравнениями. При динамическом режиме выходная величина непрерывно изменяется во времени. Данный режим возникает при установлении выходной величины после приложения входного воздействия. Происходящие при этом процессы могут быть описаны с помощью дифференциальных уравнений. Динамические режимы могут быть подразделены на переходные и установившиеся. Переходный режим, существующий от момента начала изменения входного воздействия до момента, когда выходная величина начинает изменяться по закону этого воздействия. Установившийся режим наступает в момент, когда выходная величина начинает изменяться по такому же закону, что и входное воздействие, после окончания переходного процесса.

Модель объекта регулирования может быть представлена в виде набора звеньев, каждое из них обладает определенными динамическими свойствами. Каждое звено соответствует определенному элементу моделируемой оросительной системы, сложные элементы могут быть представлены в виде набора отдельных элементарных звеньев. Соотношение входного и выходного сигнала каждого звена описывается передаточной функцией. Подразделяют следующие виды типовых звеньев:

- усилительные;
- интегрирующие (идеальное и реальное);
- дифференцирующие (идеальное и реальное);
- апериодические (инерционное);
- колебательные;
- запаздывающие.

Примером интегрального звена может служить водохранилище, если в качестве входного параметра рассматривать расход поступающей воды, а в качестве выходного – уровень воды. Движение воды в канале описывается запаздывающим звеном: входной параметр - объем закачанной воды без изменения поступает к потребителю, с определенной задержкой по времени. В таблице 1 приведено математическое описание основных видов передаточных звеньев.

Таблица 1 - Виды элементарных звеньев

Вид звена	Описание во временной области	Передаточная функция
Усилительное	$y = Kx$	$W(s) = K$
Идеальное интегрирующее	$y = K\int_0^t x(t)dt$	$W(s) = \frac{K}{s}$
Реальное интегрирующее	$T\frac{d^2y(t)}{dt^2} + \frac{dy(t)}{dt} = kx(t)$	$W(s) = \frac{K}{s(Ts+1)}$
Идеальное дифференцирующее	$y = K\frac{dx(t)}{dt}$	$W(s) = Ks$
Реальное дифференцирующее	$h(t) = \frac{K}{T}e^{-\frac{t}{T}}$	$W(s) = \frac{Ks}{Ts+1}$
Апериодическое (инерционное)	$T\frac{dy}{dt} + y = Kx$	$W(s) = \frac{K}{Ts+1}$
Запаздывающее	$y(t)=x(t-\tau)$	$W(s) = e^{-\tau s}$
Колебательное	$T_2^2\frac{d^2y}{dt^2} + T_1\frac{dy}{dt} + y = Kx$	$W(s) = \frac{K}{T_2^2s^2 + T_1s + 1}$

Регулирование с помощью правил исследовано с применением HEC-RAS версии 5.0. HEC-RAS – комплекс программ, предназначенный для выполнения одномерных и двумерных гидравлических расчетов для речной сети искусственных каналов. Изначальное и основное применение заключается в вычислении кривых водной поверхности, профилей и карт затопления. Впоследствии, функционал был значительно расширен, появилась возможность моделировать работу различных типов гидротехнических сооружений, в том числе с помощью правил, описанных программно с с помощью модуля Rule Base Operations.

Rule Based Operations - встроенная функция программных сценариев регулирования в HEC-RAS, располагающая широким набором инструментов управления сооружениями и способами задания граничных условий. С помощью правил пользователь может предоставить HEC-RAS возможность управлять открытием затворов или переопределять их тип с помощью указания потоков в структуре затвора.

Пользователь может выполнять операции сценариев на основе ввода или вычисления переменных в различных точках расчетной сети, включая текущие и ранее вычисленные параметры водного потока. Все эти элементы управления предварительно запрограммированы в редакторе операций с правилами. В отличие от обычных языков программирования, правила создаются внутри редактора операций, путем нажатия определенных кнопок и заполнения полей ввода из выпадающего списка. С помощью этого редактора пользователь может определять новые переменные, извлекать смоделированные значения, устанавливать параметры функционирования сооружений, условные операторы программ, выполнять математические вычисления и настраивать таблицы парных данных. Может быть установлена простая операция правил для открытия или закрытия затвора на основе вычисленного потока в исходном местоположении. Если определенный расход превышен, затвор открывается на заданную величину. С другой стороны, если вычисленный поток меньше заданного значения, затвор закрывается на заданную величину, таким образом, реализована функция регулирования уровня воды. На рисунке 3 показан условный программируемый оператор, необходимый для обработки этой операции в редакторе правил.

Выводы

В ходе выполнения данного исследования разработаны методы регулирования стока в водопроводящей сети, включающие:

- методику определения области эффективных решений применительно к задачам регулирования стока (программа, на основе известных методов поиска области эффективных решений);

- создание правил регулирования на основе модельных и фактических данных (задание работы сооружений с помощью определенного алгоритма и набора данных).

Внедрение предлагаемых методик управления позволит оптимизировать режимы функционирования гидромелиоративных систем, снизить потребление электроэнергии насосными станциями, обеспечить бесперебойную подачу воды потребителям.

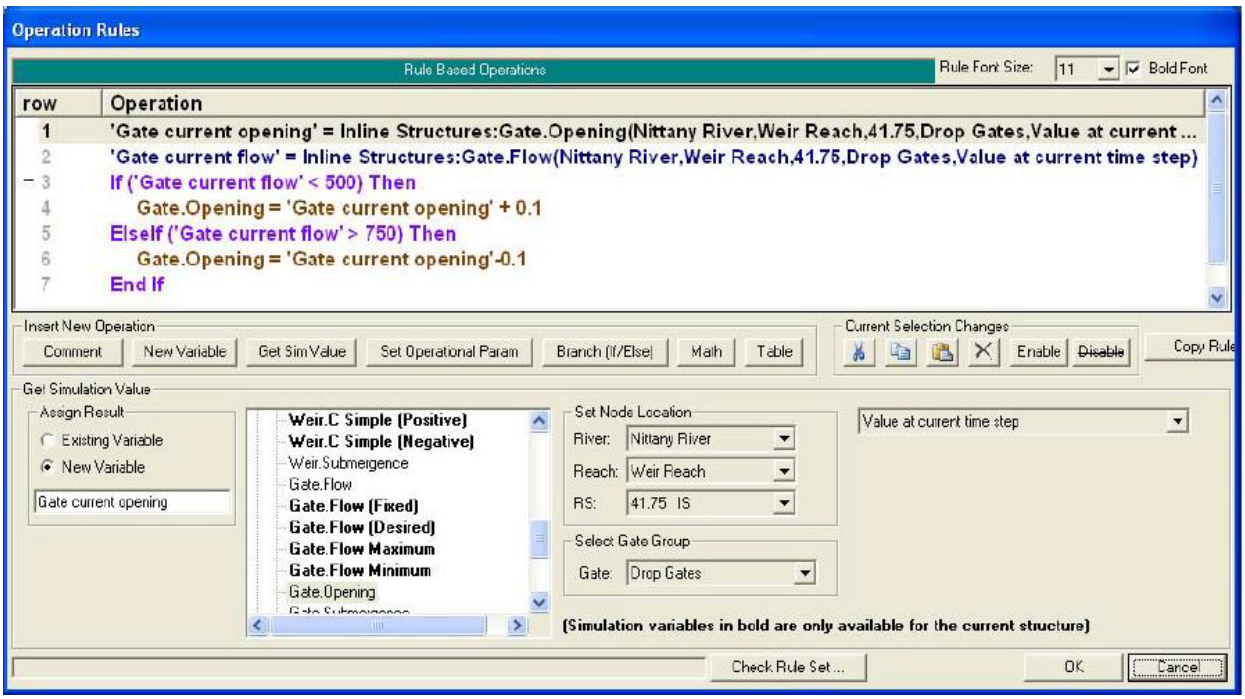


Рисунок 3 - Условные операторы в редакторе описания правил

Список использованных источников

1) Щербаков А.О., Талызов А.А. Численное моделирование гидромелиоративных систем на примере лиманской оросительно-обводнительной системы // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 1 (25). С. 190-206.

2) Талызов А.А., Щербаков А.О. Моделирование регулирования стока водопроводящей сети гидромелиоративных систем на основе компьютерных технологий // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 2 (70). С. 208-212.

3) Коваленко, П.И. Автоматизация мелиоративных систем. // -М.: Колос, 1983. - 304с.

4) Иваненко Ю.Г., Ткачев А.А. Теоретические и прикладные проблемы гидравлики рек и каналов: Монография. – Новочеркасск, 2007.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

УДК: 556.551, 004.94

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНОГО И ХИМИЧЕСКОГО СТОКА В БАССЕЙНЕ р. МАЛЫЙ КАРАМАН В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

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

Введение

Ежегодно в поверхностные водные объекты РФ поступает порядка 11 млн. тонн загрязняющих веществ. Основными источниками загрязненных являются предприятия жилищно-коммунального хозяйства, промышленности и агропромышленного комплекса (90% от общего объема сброса загрязненных сточных вод). Высокую степень влияния на качество вод в водных объектах оказывает диффузный сток с сельскохозяйственных и селитебных территорий, площадей, занятых промышленным производством. Сложившийся уровень антропогенного загрязнения вызывает деградацию рек, водохранилищ, озерных систем, и ухудшение качества вод поверхностных водных объектов, используемых для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения и в качестве среды обитания водных биоресурсов.

Наиболее тяжелая ситуация, связанная с высокой степенью загрязнения водных объектов и низким качеством вод, сложилась в бассейнах рек Волги, Оби, Енисея, Амура, Северной Двины и Печоры, Дона, Кубани, Терека и рек бассейна Балтийского моря.

В настоящее время в Волжском бассейне в период весеннего половодья и летне-осенних дождевых паводков ежегодно сбрасывается порядка 20% всех сточных вод России. Промышленность и сельское хозяйство в Волжском бассейне хорошо развиты и дают весомый вклад в антропогенную нагрузку на регион. Река Волга в сравнении с другими крупными реками России подвергается наибольшей антропогенной нагрузке от сточных вод. Площадь бассейна составляет 1360 тыс. км^2, объем сточных вод – 18,1 км^3/год [2].

Для повышения качества воды в водных объектах и восстановления водных экосистем Водная стратегия РФ на период до 2020 года [1] определяет следующие задачи:

– сократить антропогенное воздействие на водные объекты и территории их водосборов;

– предотвратить деградацию малых рек;

– предотвратить загрязнения подземных водных объектов.

В рамках научно-исследовательской работы «Разработка прототипов экспертных систем поддержки принятия решений по оптимизации мероприятий, направленных на охрану водных объектов от диффузных загрязнений, на основе

имеющихся данных мониторинга, расчетных данных о величине диффузного загрязнения, оценок эффективности альтернативных стратегий водоохраны при различных сценариях антропогенной нагрузки на водные объекты и их водосборы» производится разработка трехмерной имитационной компьютерной модели движения поверхностных, подземных вод и загрязняющих веществ в пористых средах для объектов сельскохозяйственного назначения. Данная задача является одним из приоритетных направлений Федерального проекта «Оздоровление Волги».

В качестве пилотного водного объекта мелиорируемых территорий взят бассейн р. Малый Караман, находящийся в Марксовском районе Саратовской области, включающий две оросительные системы - Приволжскую и Комсомольскую, общая площадь орошения которых составляет более 40 тыс. га.

На территории расположены 11 населенных пунктов, численность населения по Марксовскому району на 2018 год составляет 63,1 тыс. человек, плотность населения – 22,0 чел./км^2. Очистные сооружения на объектах водоснабжения и канализации отсутствуют.

Поголовье скота (в том числе коровы, свиньи, овцы и козы) составляет 22 146 голов, из них на долю домашних хозяйств – 6 961 голов, фермерским хозяйствам и сельхоз организациям принадлежат – 2 566 и 12 619 голов соответственно. Племенную базу района представляют восемь племенных хозяйств, занимающихся разведением всех видов скота. В районе активно ведется работа по воспроизводству стада, увеличиваются объемы закупки племенного скота.

Водосборная площадь р. Малый Караман составляет 98 209,5 га, на территории расположено 4 801,3 га орошаемых земель, что составляет - 5% от водосборной площади (по данным космоснимка Google). Орошение производится дождевальными машинами типа «Фрегат». Основные орошаемые культуры – пшеница и люцерна, а также подсолнечник, кукуруза, картофель ранний, рожь, ячмень, просо, зернобобовые культуры. Площадь пастбищ в пределах водосборного участка составляет 436,3 га – 0,4% от площади водосбора (по данным космоснимка Google). Летние лагеря выпаса скота в основном размещены в пойме р. Малый Караман.

Метеорологическая информация за моделируемый период была сформирована по данным из открытых интернет-ресурсов [3]. Погодные характеристики исследуемых годов корректировались по двум метеостанциям – г. Маркс и г. Ершов Саратовской области.

Материалы и методы

В качестве моделирующей платформы взят программный комплекс MIKE She DHI. MIKE She позволяет моделировать компоненты полного гидрологического цикла, такие как:

- выпадение осадков и снеготаяние;
- интерцепция;
- эвапотранспирация (описывается уравнением Kristensen-Jensen);
- поверхностный сток и склоновый (реализуется с помощью двухмерной диффузно-волновой аппроксимации уравнения Сен-Венана);
- инфильтрация в грунтовые воды;

-движение воды в зоне аэрации (используется упрощенный метод двухслойного водного баланса). При этом поток рассчитывается на основе инфильтрационной способности почвы;

- движение грунтовых вод в насыщенной зоне (описывается 3х-мерным уравнением Дарси);

- разгрузка грунтовых вод в речную сеть.

Программный комплекс MIKE She использует математическую модель, описывающую качество воды (модуль WQ) на основе решения уравнения адвекции дисперсии. Для численного решения вышеперечисленных математических моделей используются явные и неявные конечно-разностные схемы. Формирование исходных данных для моделирования происходило на основе ГИС-проекта и подробно описано [4,5].

Для определения диффузного загрязнения с земель сельскохозяйственного назначения, а также с территорий населенных пунктов, было определено и проиграно на модели 8 сценариев (рассмотрены разные площади мелиорируемых земель и пастбищ, дозы внесения минерального питания, а также оросительные нормы). Учтены цели и задачи Постановления 19 апреля 2012 г. № 350 «О Федеральной целевой программе «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 - 2020 годах».

В данной статье описаны два наиболее ярко представленных сценария: фактическое состояние и развитие мелиорации в регионе до уровня 1984 года (рис. 1).

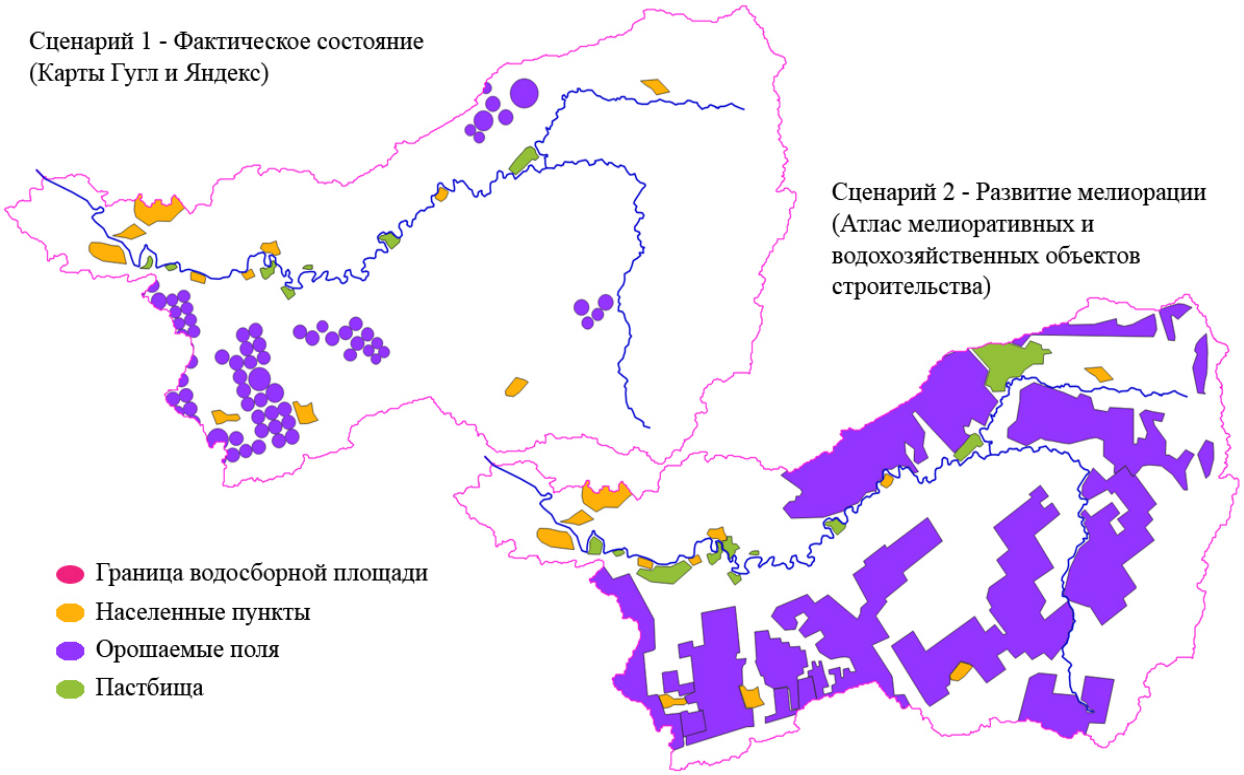


Рисунок 1 – Карта-схема антропогенной нагрузки на водосборную площадь р. Малый Караман при различных сценариях воздействий

Для рассматриваемых сценариев были определены и заданы в модели начальные условия: основной орошаемой культурой принята озимая пшеница, поливная норма - 450 м^3/га (оросительная норма 3150 м^3/га), доза внесения минерального питания под планируемую урожайность озимой пшеницы 3 - 4т/га в действующем веществе - $N_{120}P_{120}K_{120}$ [6] (вносилось с поливной водой); на пастбищах и в местах нахождения летних лагерей выпаса скота с мая по октябрь задавалось поступление нитратного азота в почву с осадками; сток загрязняющих веществ с населенных пунктов задавался в виде жидких осадков в течение всего года.

Для первого сценария орошаемая площадь составила 4 801,3 га - 5% от водосборной площади, орошение производится дождевальными машинами типа «Фрегат», площадь пастбищ и летних лагерей выпаса скота - 436,3 га. Для второго сценария перспективные размеры орошаемых площадей определялись согласно планам строительства мелиоративных и водохозяйственных объектов, определенных продовольственной программой СССР [7] и составили 42 410,3 га – 43% от водосборной площади. Поливная вода поступает из Волги по каналам Приволжской и Комсомольской оросительных систем. Принято, что для орошения используется дождевальная техника поступательного действия (Волжанки, ДКН, Кубань). Площади размещения летних лагерей выпаса скота увеличиваются в 5 раз и принимаются равными - 1979,6 га (2% от водосбора).

Результаты и обсуждение

Программный комплекс MIKE She позволяет получать результаты моделирования как в графическом (в том числе и видео), так и в табличном виде. Отдельно в MIKE She происходит расчет водного баланса по всей рассматриваемой водосборной площади. Также в модели контролировался уровня грунтовых вод по двум точкам на орошаемых полях (в низине и на возвышенном участке). Концентрация загрязняющих веществ в русле р. Малый Караман определялась по трем точкам – в устьевом створе вблизи г. Маркс, пос. Приволжское и Павловка, вблизи нескольких орошаемых участков и вблизи размещения крупного пастбища и нескольких орошаемых полей, как показано на рисунке 2.

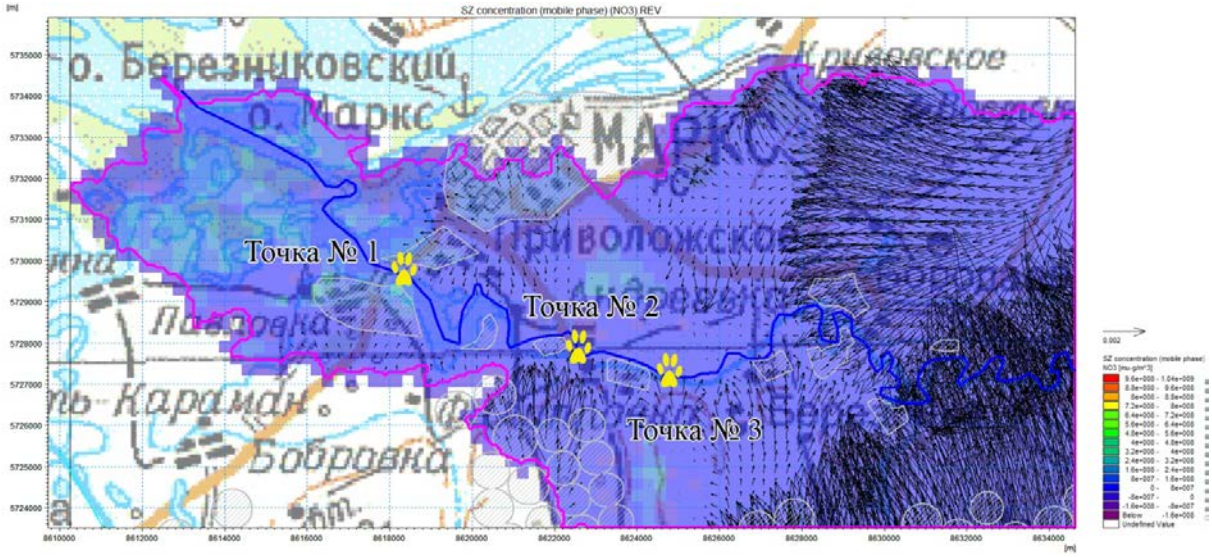


Рисунок 2 – Точки контроля качества воды

Результаты моделирования приведены в таблице 1 и показаны на рисунках 3 и 4.

Таблица 1 - Основные результаты моделирования по двум Сценариям

Параметры и показатели	Сценарий 1	Сценарий 2
Осадки, мм	5548	5548
Эвапотранспирация, мм	4814	5409
Накопление воды в насыщенной зоне, мм	498	468
Орошение, мм	241	838
Максимальная концентрация NO_3 в точке № 1, мг/л	595,8	596,4
Средняя концентрация NO_3 в точке № 1, мг/л	475,6	468,4
Максимальная концентрация NO_3 в точке № 2, мг/л	1,6	1,6
Средняя концентрация NO_3 в точке № 2, мг/л	1,1	1
Максимальная концентрация NO_3 в точке № 3, мг/л	35,1	85,5
Средняя концентрация NO_3 в точке № 3, мг/л	19	36,3
Уровень грунтовых вод в точке Obs_2, м от поверхности земли	-3,2	-2,4
Уровень грунтовых вод в точке Obs_3, м от поверхности земли	-13,2	-13,8

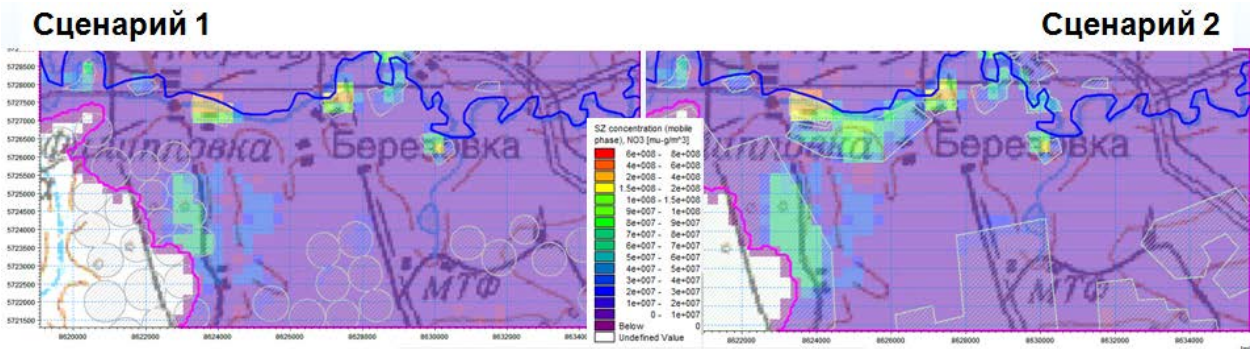


Рисунок 3 – Максимальные концентрации нитратов на орошаемых землях

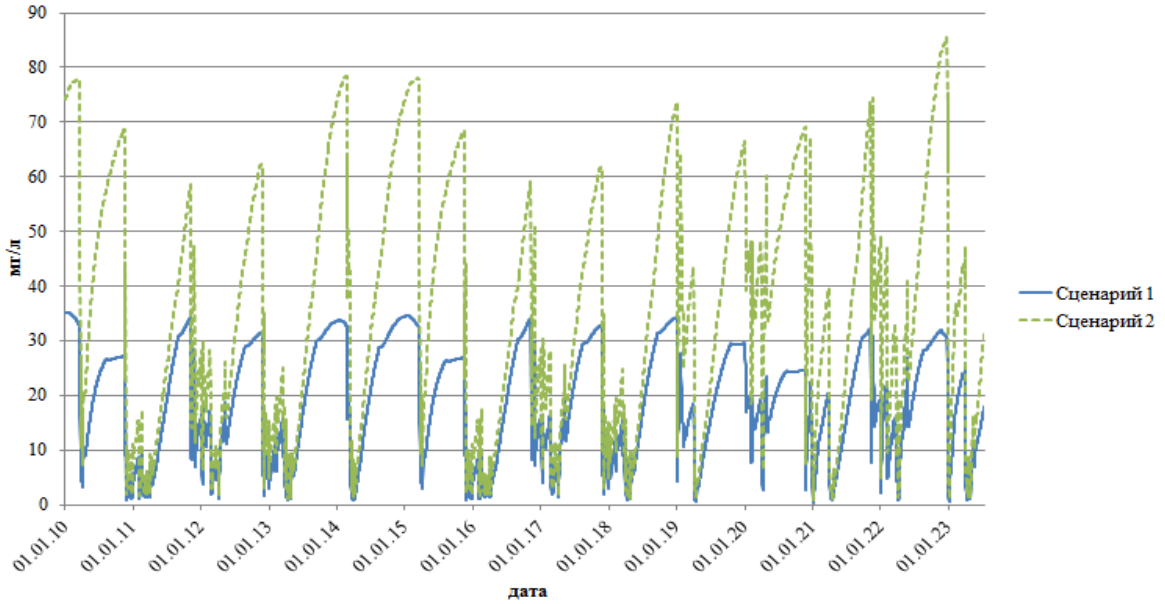


Рисунок 4 - Концентрация загрязняющих веществ в русле р. Малый Караман вблизи орошаемого участка и пастбища (Точка № 3)

Предельно допустимая концентрация неорганического вещества NO_3 (нитраты) составляет 45 мг/л, согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест». Анализ результатов моделирования показал, что ПДК превышена в устьевом створе (точка № 1) в 10 раз, что связано в первую очередь с отсутствием очистных сооружений на канализационных стоках населенных пунктов. Как показало моделирование, увеличение орошаемых площадей в 8,6 раз от фактического состояния и пастбищ в 5 раз оказывают незначительное влияние на концентрацию загрязняющих веществ в этой контрольной точке в соответствии с таблицей 1.

Значения концентраций NO_3 в точке 2 вблизи нескольких орошаемых участков не выходят за пределы допустимых значений при всех исследуемых сценариях.

Максимальные концентрации загрязняющих веществ в точке № 3 при исследуемом Сценарии 2 выходят за пределы допустимых концентраций, что связано с увеличением площади пастбищ и орошаемых земель.

Выводы

Исходя из анализа полученных результатов, для снижения диффузного загрязнения в р. Малый Караман, поступающего с сельскохозяйственных земель и территорий населенных пунктов считается целесообразным рассмотреть следующие мероприятия:

1. Проектирование и строительство систем водоотведения и водоочистки селитебных территорий;
2. Контроль за соблюдением водоохраной зоны;
3. Переход от дождевальной техники на капельное орошение;
4. Снижение оросительных норм и доз внесения минерального питания;
5. Проектирование дренажа и очистка дренажного стока.

На основе имитационного моделирования в программном комплексе MIKE She DHI будет произведен расчет влияния данных мероприятий по снижению диффузного загрязнения от сельскохозяйственных объектов, а также урбанизированных территорий. Данный подход может быть применим для бассейнов других малых рек, испытывающих антропогенные нагрузки.

Список использованных источников

1. Водная стратегия Российской федерации на период до 2020 года / Экологический консалтинг. 2009. № 3 (35). С. 11-35.

2. Розенберг Г.С., Саксонов С.В., Зибарев А.Г., Кудинова Г.Э., Розенберг А.Г., Хасаев Г.Р. Сбережение уникальных природных символов России: от программ «возрождение Волги» к «оздоровлению Волги» / В сборнике: Охрана природы и региональное развитие: гармония и конфликты (к Году экологии в России) материалы международной научно-практической конференции и школы-семинара молодых ученых-степеведов «Геоэкологические проблемы степных регионов», проведенных в рамках XXI сессии Объединенного научного совета по фундаментальным географическим проблемам при Международной ассоциации академий наук (МААН) и Научного совета РАН по фундаментальным географическим проблемам. Институт степи Уральского отделения РАН. 2017. С. 51-59.

3. Открытый интернет-ресурс https://rp5.ru – дата последнего обращения 27.08.2019

4. Бубер А.А., Талызов А.А. Подготовка исходных данных для исследования влияния сельскохозяйственных угодий на бассейн реки Малый Караман / Материалы III Международной научно-практической конференции (18 апреля 2019 г.) Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий/Рязань,2019, с.37-42.

5. Бубер А.А., Талызов А.А. Исследование бассейна р. Малый Караман с целью определения поступления загрязнений с сельскохозяйственных земель / Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения - Сборник научных трудов. – Москва: Студия Ф1, 2019. – 572 с. ISBN 978-5-6043268-8-6 с. 300-304

6. Каштанов А.Н., Свинцов И.П. и др. Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия, Курск, Тверь: ЧуДо, 2001г., 260с.

7. С. Артюшкина, А. Ю. Баклан, Д. Л. Басин и др. Основные технико-экономические показатели крупных мелиоративных и водохозяйственных объектов строительства XI и XII пятилеток, определенных продовольственной программой СССР на период до 1990 года. – М.: 1984, С. 16-17.

УДК 556:517.977.5

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ ДИСПЕТЧЕРСКИХ ГРАФИКОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ КАСКАДОВ ВОДОХРАНИЛИЩ (НА ПРИМЕРЕ КОМПЛЕКСА «ОЗ.БАЙКАЛ –АНГАРСКИЙ КАСКАД ВОДОХРАНИЛИЩ»)

А.Л. Бубер, В.Б. Бубер
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В процессе регулирования стока в бассейнах крупных рек с большим количеством русловых гидроэнергетических водохранилищ необходимо принимать оперативные решения по взаимоувязанному пропуску через гидроузлы половодной и паводковых вод, обеспечивая при этом соответствующую водоподачу потребителям в период межени. Характерным примером объекта, требующего решения подобной задачи, является Ангаро-Енисейский каскад (АЕК) ГЭС. При этом необходимо выдержать требования участников водохозяйственной системы (ВХС) к расходам и уровням воды в бьефах гидроузлов [1-5] с учетом приточности к водохранилищам каскада.

В современной практике такие решения, как правило, принимаются на основе диспетчерских графиков управления, разработанных на основе многолетних гидрологических рядов, и опыта управления водными ресурсами бассейна в прошлые годы.

Диспетчерский график (ДГ диспетчер,) устанавливает правила регулирования стока водохранилища, позволяя определять его отдачу (сбросы, попуски) в различные времена года в зависимости от уровня воды в нем [6].

Диспетчер состоит из набора узловых точек, которые задаются на границах интервалов года и образуют не пересекающиеся кусочно-линейные перебойные линии, упорядоченные по уровням. Для каждой зоны между двумя соседними перебойными линиями задается диапазон допустимых для этой зоны сбросных расходов воды.

В Правилах использования водных ресурсов (ПИВР) предусмотрены требования соответствия гарантированной отдачи водохранилища для основных потребителей значениям ряда нормативов обеспеченности нормального водопотребления по числу бесперебойных лет в диапазоне 75-99 процентов в зависимости от норматива.

Качество управления по ДГ может быть оценено с помощью водохозяйственных расчетов (ВХР) по многолетним гидрологическим рядам и определению количества интервальных и годовых перебоев (отклонений от требований) в процентном отношении ко всему ряду (статистически – обеспеченность).

Целью данного исследования являлась разработка математического и программного обеспечения, позволяющего, используя оценки качества управления, оптимизировать диспетчерские графики с учетом требований заинтересованных водопользователей на основе иерархии приоритетов и теории компромиссов.

Пусть для рассматриваемого водохранилища существует K требований водопользователей, которые должны быть удовлетворены в процессе управления.

Обозначим:

- $П_k$ - число перебоев (отклонений от требований водопользователей) для k-го требования за рассматриваемый период;
- P_k - штрафной множитель, определяющий место требования k в иерархии приоритетов требований водопользователей;

Тогда можно определить штрафную функцию перебоев F_k для требования k:

$$F_k = P_k \cdot П_k \qquad (1)$$

и суммарную (по всем требованиям) штрафную функцию F:

$$F = \sum_{k=1}^{K} F_k \qquad (2)$$

Функция (2) может использоваться, как целевая функция (ЦФ) для определения качества управления по данному диспетчерскому графику. Чем меньше значение F, тем выше качество управления по рассматриваемому диспетчеру с точки зрения упомянутых выше обеспеченностей. Таким образом, задача оптимизации диспетчерского графика может быть сформулирована следующим образом: *найти такие положения узловых точек диспетчера, при которых целевая функция (2) будет иметь минимум*.

Поскольку линии диспетчера не пересекаются, для каждой узловой точки Z_i на некоторой границе интервала оптимальное значение Z_{iopt} может лежать только между узловой точкой Z_{i-1}, находящейся выше, и узловой точкой Z_{i+1}, находящейся ниже Z_i на этой границе. Тогда алгоритм поиска оптимального значения Z_{iopt} может быть построен следующим образом – для переменной $\alpha \in [0;1]$ методом золотого сечения вычисляются последовательно значения $Z^*_{iopt}(\alpha)$ и $Z^{**}_{iopt}(\alpha)$, доставляющие минимумы соответствующим величинам целевой функции F* и F** при смещении узловой точки Z_i вверх и вниз соответственно (рис.1, α возрастает).

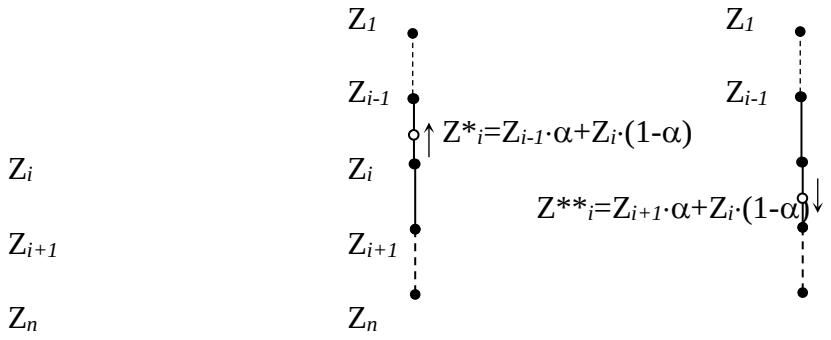


Рисунок 1 - Покоординатная схема оптимизации

Из двух значений $Z^*_{i\text{opt}}(\alpha)$ и $Z^{**}_{i\text{opt}}(\alpha)$, найденных последовательно при смещениях узловой точки вверх-вниз, выбирается то, для которого значение целевой функции F меньше. Оно и определяет окончательно оптимизированное положение $Z_{i\text{opt}}$ *i*-й узловой точки. Поскольку узловые точки первой (верхней) и *n*-й (нижней) линий диспетчера являются предельными, их координаты не участвуют в процессе оптимизации, оставаясь неизменными. Выполнив процедуру оптимизации последовательно для всех узловых точек диспетчера, можно получить оптимизированный вариант диспетчерского графика. При этом на каждом шаге оптимизации (для каждой следующей узловой точки) значение целевой функции, по крайней мере, не ухудшается.

Можно рассмотреть две модификации описанного алгоритма. Первая модификация – когда вычисление координат оптимальных уровней узловых точек выполняется одновременно для всех линий на каждой границе интервала поочередно для всех границ интервалов. В этом случае все узловые точки каждого интервала смещаются одновременно и пропорционально в одну и ту же сторону (вверх или вниз), причем точки соседних границ интервалов могут смещаться в противоположные стороны. Назовем эту модификацию «вертикальной» оптимизацией. При вертикальной оптимизации количество оптимизационных проходов для диспетчера равно количеству интервалов, на которые разбит водохозяйственный год.

Вторая модификация алгоритма оптимизации предполагает, что вычисление координат оптимальных значений узловых точек диспетчера выполняется поочередно для каждой линии, причем одновременно для всех ее точек на всех границах интервалов. Все узловые точки одной линии смещаются в одном направлении (вверх или вниз). При этом сохраняется определенное самоподобие линий диспетчера. Назовем эту модификацию «горизонтальной» оптимизацией. При горизонтальной оптимизации количество оптимизационных проходов для диспетчера равно количеству перебойных линий, исключая верхнюю и нижнюю линии. В обоих случаях координаты точек первой (верхней) и последней (нижней) перебойных линий остаются неизменными.

Программное обеспечение, реализующее вертикальный и горизонтальный алгоритмы оптимизации диспетчерских графиков разработано в среде VBA в

виде процедур, запускаемых управляющим модулем. Работа управляющего модуля определяется командной строкой, которая задает последовательность запуска процедур вертикальной и горизонтальной оптимизации, комбинируя их в любом порядке с любым количеством повторений. При этом результаты расчетов на предыдущем шаге передаются в качестве исходных данных в последующий расчет.

С помощью разработанного программного обеспечения была выполнена оптимизация диспетчерских графиков Иркутского, Братского и Усть-Илимского гидроузлов, входящих в состав Ангарского каскада ГЭС. При оптимизации использовался 114-летний гидрологический ряд. Для него проводились водохозяйственные расчеты [6], на основании которых вычислялась целевая функция (2) и выполнялась оптимизация.

Оптимизация диспетчерских графиков в данной работе проводилась с последовательным применением обоих определенных выше алгоритмов – вначале использовался вертикальный алгоритм, затем горизонтальный. Для каждого следующего этапа вычислений исходными данными служили результаты, полученные на предыдущем этапе.

В таблице 1 приведены результаты последовательной вертикальной оптимизации каждого из диспетчеров, перечисленных ГУ по двадцати четырем столбцам - границам временных интервалов разбиения водохозяйственного года. Данные приведены для первых семи и последних двух из 24-х границ интервалов.

Таблица 1 - Результаты вертикальной оптимизации

Байкал	16.11.18	ε= 0.1		Время расчета 1:38:05			Вертикальный			ЦФ ↓	64.36%
Столбец		1	2	3	4	5	6	7	23	24	
Начало	22:55:29	22:59:34	23:03:34	23:07:36	23:11:39	23:15:43	23:19:49	23:23:51	0:29:24	0:33:34	
Сдвиг		-1	0	1	1	-1	-1	-1	0	-1	
ЦФ	31 623	31 429	31 429	31 330	30 921	30 735	29 999	27 401	11 574	11 271	
Братск	17.11.18	ε= 0.1		Время расчета 1:35:29						ЦФ ↓	42.89%
Столбец		1	2	3	4	5	6	7	23	24	
Начало	0:33:40	0:37:40	0:41:37	0:45:33	0:49:30	0:53:28	0:57:26	1:01:23	2:05:01	2:09:09	
Сдвиг		0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
ЦФ	11 271	11 271	11 232	11 133	11 096	10 887	10 652	9 950	6 517	6 436	
Усть-Илим	17.11.18	ε= 0.1		Время расчета 1:34:37						ЦФ ↓	1.08%
Столбец		1	2	3	4	5	6	7	23	24	Время
Начало	2:09:16	2:13:14	2:17:10	2:21:05	2:25:01	2:28:58	2:32:54	2:36:50	3:39:52	3:43:53	4:48:11
Сдвиг		1	0	1	0	0	0	0	0	-1	ЦФ ↓
ЦФ	6 436	6 430	6 430	6 428	6 428	6 428	6 428	6 428	6 388	6 367	79.9%

Величины ε, приведенные в таблице, определяют точность, с которой для каждого столбца выполнялся поиск минимума ЦФ в методе золотого сечения.

Параметр «Сдвиг» указывает направление смещения узловых точек для соответствующего столбца. При значении сдвига, равном -1, точки сдвигаются вверх, при значении 1 – вниз. Если сдвиг равен, 0 сдвиг точек не производится.

Для каждого столбца приведены значения ЦФ, полученные в результате оптимизации положения узловых точек диспетчера на соответствующей границе интервала.

Для каждого ГУ в таблице показаны величины изменения ЦФ в процентах, полученные в результате оптимизации диспетчера данного ГУ по всем интервалам водохозяйственного года.

Приведена также величина изменения ЦФ в процентах по результатам оптимизации диспетчеров всех трех ГУ.

В таблице 2 приведены результаты последовательной горизонтальной оптимизации диспетчерских графиков Иркутского, Братского и Усть-Илимского гидроузлов. Для каждого диспетчера, как указывалось выше, количество проходов определяется количеством линий соответствующего диспетчера.

Смысл всех величин в таблице 2 тот же, что и в таблице 1. Различие состоит только в том, что в данном случае оптимизация осуществлялась не по столбцам – границам интервалов, а по строкам – перебойным линиям диспетчеров. Оптимизировались положения узловых точек линий, начиная со второй и заканчивая предпоследней.

Таблица 2 - Результаты горизонтальной оптимизации

Байкал	17.11.18	ε= 0.1		Время расчета 0:20:37			Горизонтальный		VH	ЦФ ↓	69.61%
Строка		2	3	4	5	6					
Начало	3:44:08	3:48:07	3:52:03	3:56:18	4:00:34	4:04:45					
Сдвиг		-1	0	-1	-1	1					
ЦФ	6 367	6 335	6 335	4 614	1 938	1 935					
Братск	17.11.18	ε= 0.1		Время расчета 0:28:20						ЦФ ↓	1.18%
Строка		2	3	4	5	6	7	8			
Начало	4:04:51	4:08:57	4:12:54	4:16:51	4:20:47	4:24:44	4:28:43	4:33:11			
Сдвиг		1	0	-1	1	1	0	-1			
ЦФ	1 935	1 933	1 933	1 924	1 923	1 915	1 915	1 912			
Усть-Илим	17.11.18	ε= 0.1		Время расчета 0:19:55						ЦФ ↓	6.33%
Строка		2	3	4	5	6					Время
Начало	4:33:18	4:37:17	4:41:14	4:45:11	4:49:07	4:53:13					1:08:52
Сдвиг		1	-1	-1	-1	-1					ЦФ ↓
ЦФ	1 912	1 840	1 839	1 825	1 804	1 791					71.9%

На рисунках 2-4 показаны результаты оптимизации диспетчеров Иркутского, Братского и Усть-Илимского гидроузлов соответственно. На графиках приведены исходные линии диспетчеров (сплошные линии без маркеров), а также их положение после вертикальной (пунктирные линии с маркерами) и горизонтальной (сплошные линии с маркерами) оптимизаций соответственно.

На рисунке 5 представлен график динамики изменения целевой функции на всех этапах процесса оптимизации. По вертикальной оси отложены значения целевой функции в абсолютных величинах. По горизонтальной оси – номера шагов оптимизации. Первые 72 шага – вертикальная оптимизация (по 24 интервала для каждого диспетчера). Затем идут шаги горизонтальной оптимизации в соответствии с количеством линий диспетчеров (см. табл.2).

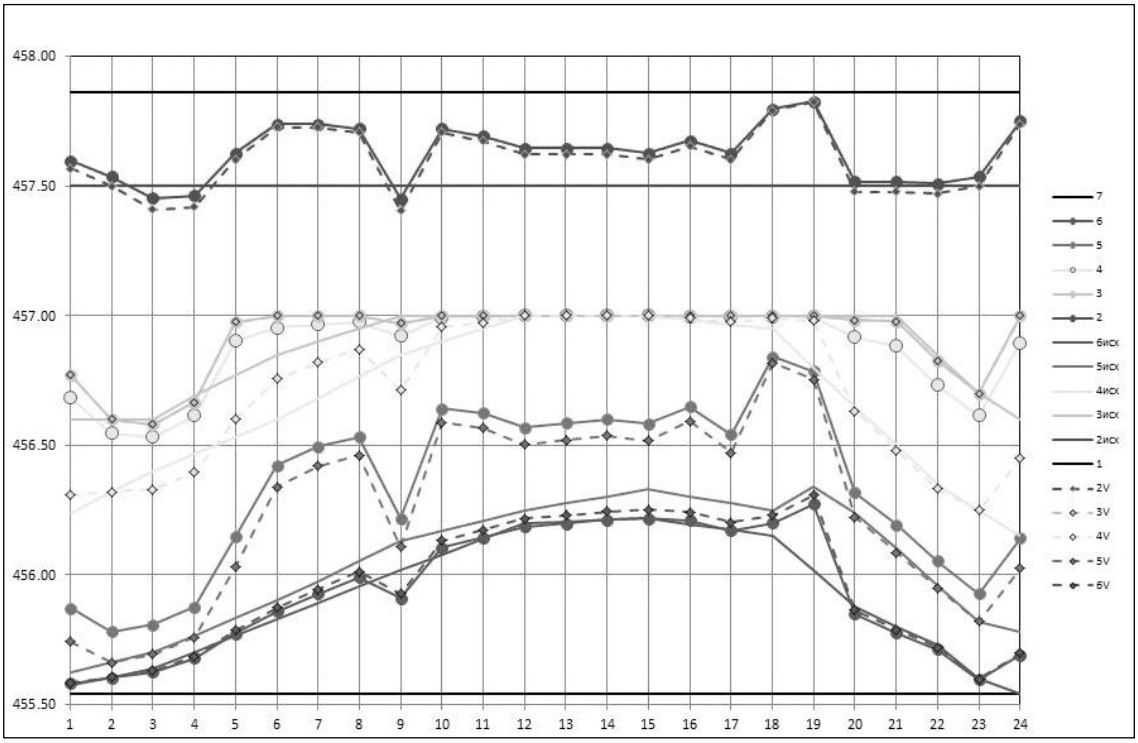


Рисунок 2 - Диспетчерский график Иркутского ГУ

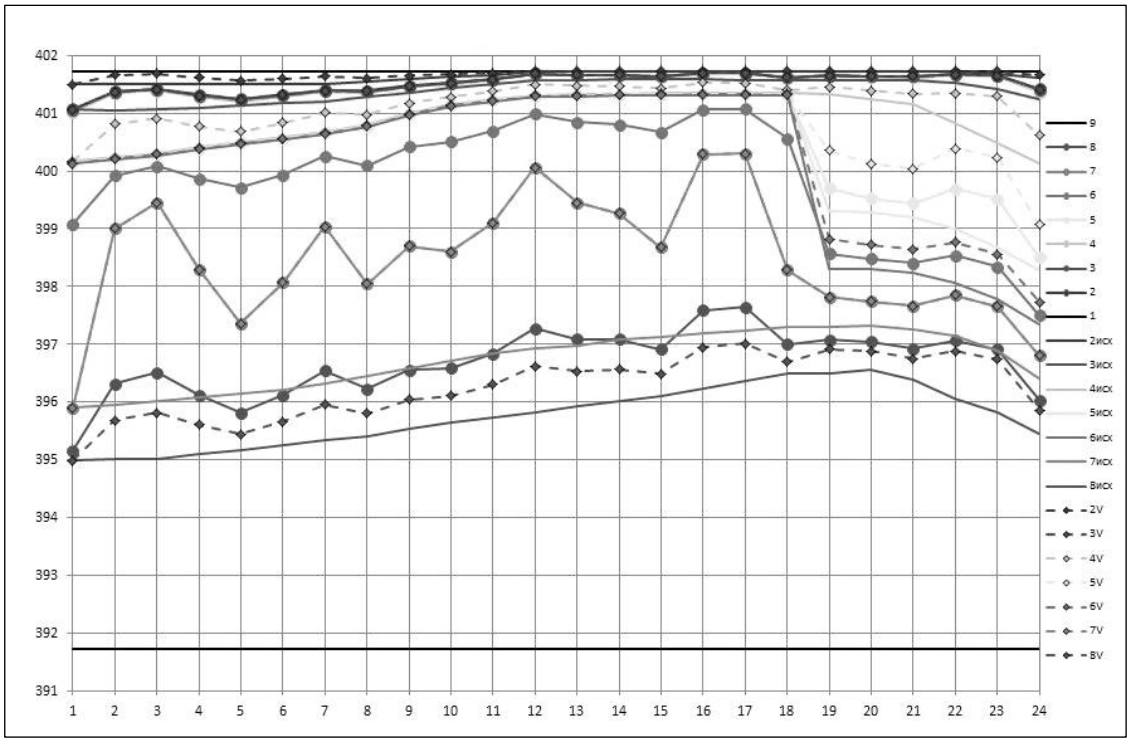


Рисунок 3 - Диспетчерский график Братского ГУ

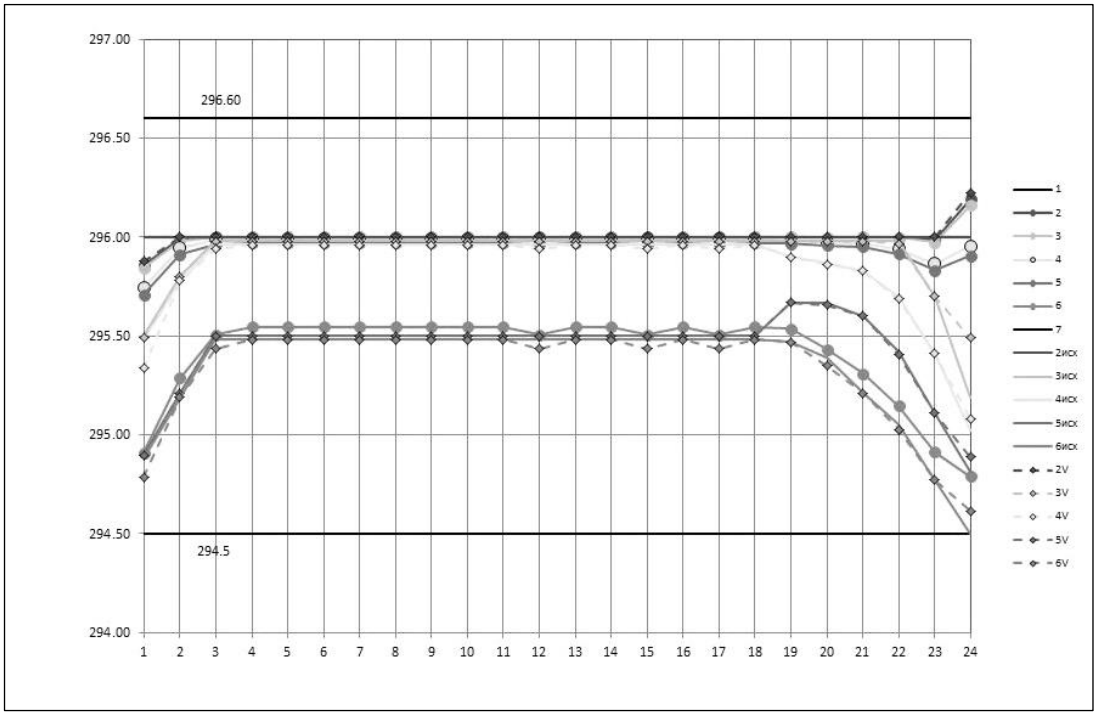


Рисунок 4 - Диспетчерский график Усть-Илимского ГУ

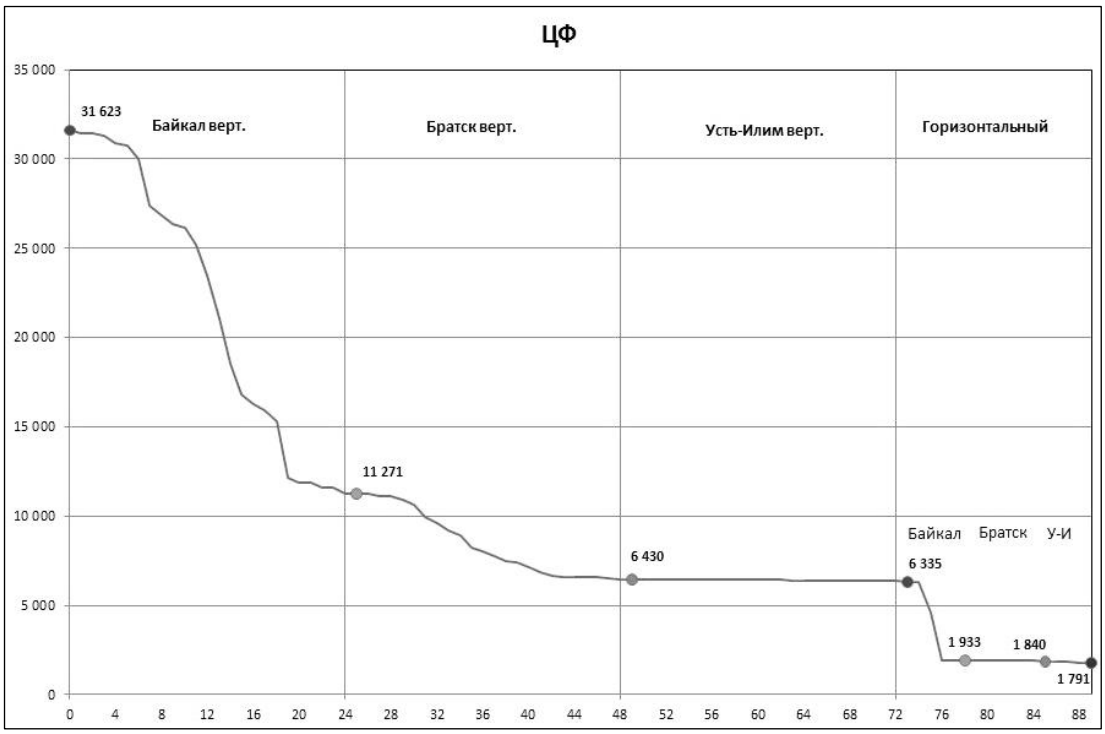


Рисунок 5 - Динамика изменения целевой функции в процессе оптимизации

Выводы

1. Представленная математическая модель, алгоритм и вычислительная технология обеспечивают хорошую сходимость при оптимизации координат диспетчерских графиков. Значение функционала уменьшилось на 94% (в 17 раз).

2. Горизонтальный алгоритм позволяет решать оптимизационную задачу методом подобного сдвига, что обеспечивает геометрию диспетчерского графика, приемлемую для эксплуатации гидроузлов каскада водохранилищ.

3. Разработанная вычислительная технология оптимизации координат диспетчерских графиков может быть применима при решении аналогичных оптимизационных задач для каскадов водохранилищ, расположенных в бассейнах крупных рек Российской Федерации для рационального регулирования поверхностного стока.

Список использованных источников

1. Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Гидрологические основы управления водохозяйственными системами. М: Наука, 1982

2. Водохранилища Сибири Ангаро-Енисейского бассейна. Справочник. Сибирский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации. Красноярск. Типография «Красноярский рабочий», 1987.

3. Гидрологические основы водопользования ресурсов малых рек бассейнов верхнего Енисея, верхнего Чулыма и Нижней Ангары. Сибирский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации. Рекомендации. Красноярск. Типография «Красноярский рабочий», 1990.

4. Основные правила использования водных ресурсов водохранилищ Ангарского каскада ГЭС (Иркутского, Братского и Усть-Илимского). М.: 1988.

5. Проект Правил использования водных ресурсов водохранилищ Ангарско-Енисейского каскада ГЭС. М.: 2007.

6. Бубер А.Л., Раткович Л.Д., Рябиков А.И. /Имитационное моделирование водохозяйственных систем в режиме оптимизации диспетчерских правил управления на примере уникального природно-технического комплекса «Озеро Байкал – Иркутское водохранилище» / Природообустройство № 3, 2018, с. 31-38

УДК 626.81, 333.93, 332.1

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ВАЗУЗСКОЙ ГИДРОСИСТЕМЫ

И.В. Глазунова, Э.В. Екимова
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н.Костякова», г. Москва, Россия

Введение. В 2016 году наблюдения за загрязнением водных объектов Вазузской гидротехнической системы (ВГТС) осуществлялись по Программе проведения гидрохимических наблюдений Рязанской гидрохимической лаборатории ФГВУ «Центррегионводхоз» согласованной с Московско-Окским БВУ. Всего в 2016 году на водных объектах Вазузской ГТС обследовано 24 пункта наблюдений (31 точка отбора) и отобрано 228 проб воды на химический анализ и биотестирование токсичности воды [1].

Материалы и методы исследования. Объектами исследований являются Вазузское, Яузское, Верхне-Рузское водохранилища на территории Московской, Смоленской и Тверской областей; притоки, питающие водохранилища – реки Гжать, Касня, Осуга, Лосьмина, Жаровня и Белая; каналы Гжать-Яуза и Яуза-Руза [3].

На месте отбора проб проводились визуальные наблюдения и измерения с помощью портативных приборов WTW следующих показателей: температура, растворенный кислород, pH, удельная электропроводность (УЭП). Токсикологические показатели определялись методом биотестирования. Хроническую токсичность воды устанавливали в биотесте на цериодафнии Ceriodaphnia affinis. Анализы проб воды проводили по методикам измерений, внесенным в область аккредитации Рязанской гидрохимической лаборатории.

Результаты наблюдений обработаны и обобщены с помощью ИСПС «Гидрохимия», входящей в ПИК СППР для управления водными ресурсами качества воды, и автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО).

Результаты и обсуждение. Отбор проб воды на водохранилищах Вазузской ГТС производился с февраля по октябрь: в периоды зимней и летней межени, половодья и осенью перед ледоставом. Программой проведения наблюдений за состоянием водоемов Вазузской гидросистемы предусмотрен аналитический контроль показателей состава и свойств воды [4].

Водородный показатель (pH) поверхностных вод водоемов ВГТС pH (pH 7,9 - 8,5) изменялся в пределах ПДК (6,5-8,5). Незначительное повышение значения величины pH до 8,7 отмечалось в р. Осуга (Щеколдино) в период весеннего половодья и летнюю межень.

Содержание взвешенных веществ изменялось в пределах 3-49,8 мг/дм^3. Содержание взвешенных веществ менее 10 мг/дм^3 наблюдалось в 32% проанализированных проб. Наибольшее значение взвешенных веществ (49,8 мг/дм^3) отмечалось в летнюю межень в р. Лосьмина – г. Сычевка. В целом вода водохранилищ ВГТС в период наблюдений была прозрачной (прозрачность по шрифту > 20 см).

Цветность воды обусловлена наличием окрашенного органического вещества, связанного с гумусом почвы (гуминовые и фульвокислоты) и является косвенным показателем количества содержащихся в воде природных органических веществ. Средне окрашенная вода наблюдалась в большинстве проб, отобранных во всех створах Вазузского и Верхне-Рузского водохранилищ (цветность 12-65 град.).

Значение УЭП исследуемых вод водохранилищ изменялось в диапазоне 148 – 535 мкСм/см. Наименьшие значения электропроводимости отмечены для Яузского водохранилища (148 – 202 мкСм/см), наибольшие для р. Гжать (281-747 мкСм/см). По значениям удельной электропроводимости можно приближенно судить о минерализации воды. В соответствии с действующей классификацией предельно чистая вода в результате ее собственной диссоциации имеет удельную электрическую проводимость при 25°С - 0,0548 мкСм/см, деминерализованная вода – от 0,1 до 10 мкСм/см; питьевая вода от 100 до 1300 мкСм/см; поверхностные воды – от 100 до 8000 мкСм/см; сточные воды – от 1000 до 8000 мкСм/сми т.д. Таким образом, воды Вазузского, Верхне-Рузского и Яузского водохранилищ относятся к категории – питьевая вода. Более высокая минерализация характерна для р. Гжать.

По жесткости вода водохранилищ в период половодья являлась мягкой: значение показателя жесткости изменялось в пределах 1,8-3,3ºЖ. Содержание кальция изменялось в пределах 22-44 мг/дм^3; концентрация магния колебалась в диапазоне 8-18 мг/дм^3. Водохранилища ВГТС характеризовались низкими концентрациями главных ионов (хлоридов и сульфатов) – менее 20 мг/дм^3. Максимальное содержание хлоридов зафиксировано в зимнюю межень в устье р. Белая – 59 мг/дм^3.

Высокое содержание марганца в водоемах ВГТС обусловлено природными условиями. В природные воды марганец поступает в результате выщелачивания минералов, содержащих марганец. Значительные количества поступают в процессе разложения остатков водных животных и растительных организмов (фитопланктон, микроорганизмы и высшая водная растительность). Существенную роль в миграции марганца в растворенной форме играют органические вещества гумусовой природы [5]. По результатам биотестирования 114 проб воды Вазузской гидросистемы токсическое действие на гидробионты оказывали 13% проб воды. Токсичность была обнаружена на 9 из 24 обследованных створах.

Данные, характеризующие качество вод водохранилищ Вазузской гидросистемы как поверхностных источников питьевого водоснабжения приведены в таблице 1. Качество воды оценивалось на соответствие контролируемых показателей гигиеническим нормативам ГН 2.1.5.1315-03 и ГН 2.1.5.2280-07 «Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» [2].

Выводы. В течение периода наблюдений общие требования к составу и свойствам воды водных объектов соблюдались по большинству показателям.

Основной потенциальной проблемой загрязнения поверхностных водных объектов Вазузской гидротехнической системы, по-видимому, является воздействие рассредоточенных источников загрязнения, в том числе, расположение в водоохранных зонах селитебных территорий населенных пунктов.

Территории под антропогенными объектами нуждаются в первоочередном контроле и надзоре для проверки соблюдения специальных режимов хозяйственной и иной деятельности.

Водохранилища ВГТС нуждаются в поддержании и сохранении высокого уровня качества воды с целью повышения водообеспеченности г. Москвы и улучшения санитарного состояния р. Москвы.

Таблица 1 - Распределение створов по классам качества в водоемах Вазузской гидросистемы в 2016 году (в %)

Класс (разряд) качества вод	Характеристика состояния загрязненности воды	Вазузское водохранилище		Притоки р. Вазуза – р.р. Гжать и Лосьмина		Яузское водохранилище		Канал Яуза-Руза (ниже НС 23)		Верхне-Рузское водохранилище	
		Кол-во точек отбора	% от общего числа	Кол-во точек отбора	% от общего числа	Кол-во точек отбора	% от общего числа	Кол-во точек отбора	% от общего числа	Кол-во точек отбора	% от общего числа
2	**Слабо загрязненная**	**-**	**-**	**-**	**-**	**2**	**40**	**-**	**-**	**1**	**25**
3	**Загрязненная**	**10**	**91**	**2**	**40**	**3**	**60**	**1**	**100**	**3**	**75**
разряд А	загрязненная	10	91	-	-	3	60	-	-	2	50
разряд Б	очень загрязненная	-	-	2	40	-	-	1	100	1	25
4	**Грязная**	**1**	**9**	**3**	**60**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
разряд А	грязная	1	9	2	40	-	-	-	-	-	-
разряд Б	грязная	-	-	1	20	-	-	-	-	-	-
разряд В	очень грязная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Список использованных источников

1. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб.
2. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
3. Макаров С.Ф. От Вазузы до столицы. Ржев, 2004 г.
4. Устав ФГБУ Управление эксплуатации водохранилищ Вазузской гидротехнической системы (новая редакция). Смоленская область, с. Карманово, 2011.
5. Федеральное государственное бюджетное водохозяйственное Учреждение «Центррегионводхоз» Аналитическая записка по качеству вод Вазузской гидротехнической системы за 2016 год. Москва, 2017.

УДК 631.672:004.65

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ОЗЕРА САРПА

Э.Б. Дедова, Р.М. Шабанов
Калмыцкий филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г.Элиста, Россия

Озеро Сарпа (Цаган-Нур) является самым крупным в цепи озер, располагающихся в Сарпинской депрессии, оставленной древним руслом реки Волга. Це-

почка Сарпинских озер (Цаца, Барманцак, Пришиб, Ханата, Сарпа и др.) расположена на территории Кетченеровского и Октябрьского районов Республики Калмыкия [1,5].

До начала освоения Сарпинской низменности под рисосеяние (конец 50-х–начало 60-х гг. прошлого века) питание данного водоема осуществлялось только за счет вод весеннего местного паводкового стока, формирующегося на соответствующей площади водосбора вокруг водоема, и атмосферных осадков. Поэтому, в зависимости от метеоусловий года, границы озера, его объемы и уровень минерализации варьировали в больших пределах.

С вводом в действие Сарпинской (1960 г.) и Калмыцко-Астраханской (1981 г.) обводнительно-оросительных систем данный водоем является аккумулятором дренажно-сбросных вод с рисовых систем. Для этих целей на оз. Сарпа была построена отсечная земляная плотина в районе п. Цаган-Нур Октябрьского района высотой 5,0 м и длиной по гребню 2,0 км. Ложе его вытянуто на 45 км при ширине от 0,7 до 1,5 км. Средняя глубина 1,15 м. Емкость 90,0 млн. $м^3$ при нормально-подпертом горизонте (НПГ), площадь зеркала 61,5 $км^2$ [1-4].

Анализ результатов многолетних исследований ВНИИГиМ (1983-1995 гг.) позволили установить тенденцию к снижению средней минерализации поверхностных вод озера Сарпа с 4,9 г/л до 3,1 г/л [4]. Это было связано с поступлением больших объемов сбросных вод (до 70 млн. м3) с рисовых систем Калмыкии. При этом объем сбросных и дренажно-сбросных вод составлял около 40% от суммарного водопотребления культуры риса. До 80% объемов дренажно-сбросных вод приходился на период вегетации риса, т.е. с мая по сентябрь.

Следует отметить, что до 1995 года соблюдался оптимальный режим орошения риса с периодическим сбросом воды с чеков и регулярным затоплением рисовых полей свежей водой, что обеспечивало необходимую их проточность.

При создании водохранилища предусматривалось использование его для следующих нужд: регулярное и лиманное орошение, заказник, промысловое рыболовство, водопой скота, водоприемник сбросных вод с рисовых оросительных систем. Площадь акватории и гидрохимический режим поверхностных вод озера Сарпа, во-первых, зависит от объемов сбросных вод, а во-вторых, от количества атмосферных осадков и температурного режима погоды.

В 80-е гг. прошлого века площадь зеркала воды достигала 53-55 $км^2$ при общем уровне минерализации воды 3-6 г/л. Несмотря на то, что содержание токсичных ионов Cl^- и Na^+ превышало допустимые пределы, в тот период было отмечено наиболее интенсивное хозяйственное использование водоема. На его западном берегу было размещено свыше 10 тыс. га земель регулярного орошения, на которых возделывались кормовые, зерновые и овощные культуры и осуществлялась подпитка несколько тыс. га лиманов. Также развивалось промысловое рыболовство. Действовало несколько рыболовецких бригад, которые добывали такую рыбу, как сазан, толстолобик, красноперка, линь, окунь и др.

В середине – конце 90-х гг., по причине резкого уменьшения поступления сбросов с орошения, площадь зеркала водоема уменьшилась до 36-37 $км^2$ при росте минерализации воды до 7-13 г/л. В начале 2000-х гг. площадь зеркала воды вновь возросла до 50-61 $км^2$ при снижении минерализации до 6-8 г/л.

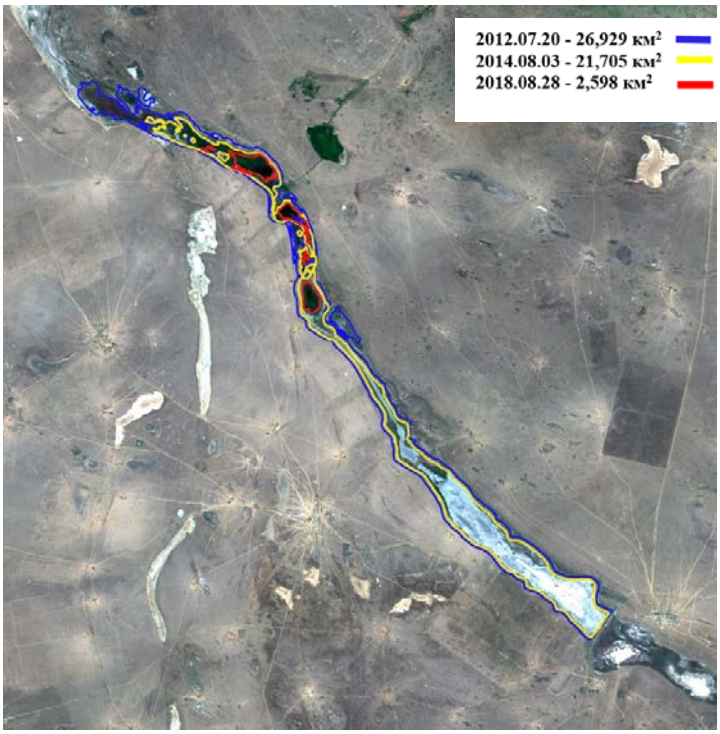


Рисунок 1 – Динамика контура площади зеркала водной поверхности оз. Сарпа

Геоинформационный анализ показывает, что в последние годы, в связи с уменьшением сброса воды с рисовых систем, параметры водоема вновь уменьшились (рис.1-2, фото), а минерализация воды возросла до более высоких значений – 14,7 – 36,7 г/л.

Такая вода практически малопригодна для хозяйственных нужд, за исключением обеспечения гнездовий птиц и отдыха их перелетных стай. Здесь обитают серые и белобокие гуси, краснобокие казарки, лебеди и многие другие виды. Для охраны ихтиофауны создан государственный заказник.

Сокращение площади зеркала воды в водоеме, уменьшение его глубины и увеличение минерализации и количества органических веществ привели к массовым заболеваниям рыбы и, в нынешнем состоянии, воспроизводительная способность ее популяций очень низка, и для молоди промысловых видов не превышает 12%.

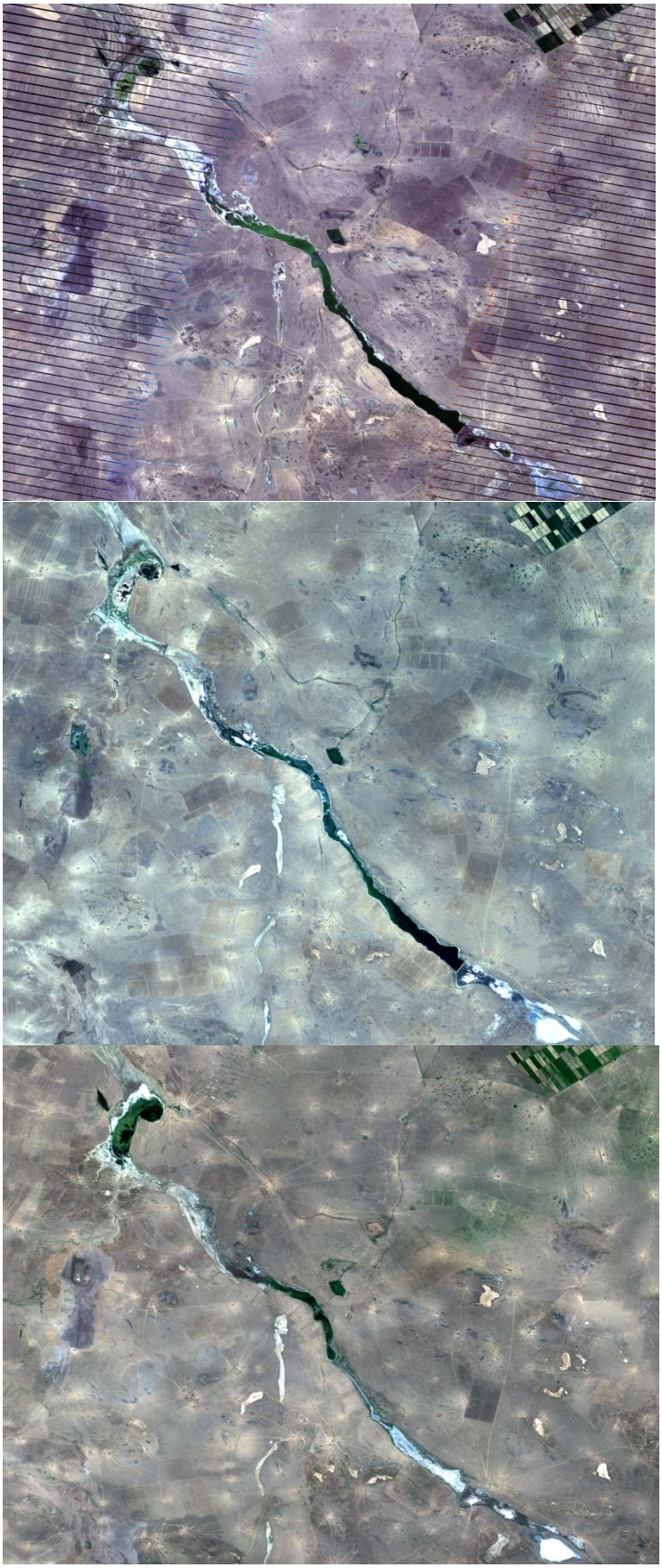
Для оздоровления экологической ситуации необходимо:

* пополнение озера Сарпа водой за счет дренажно-сбросных вод с рисовых чеков Сарпинской обводнительно-оросительной системы; для этого необходимо увеличить площади посевов риса до 6-7 тыс. га, что позволит ежегодно формировать дренажно-сбросной сток в объеме до 40 млн. м^3.

* пополнение озера Сарпа за счет использования излишков воды зимних и осенних паводков по каналам Сарпинской ООС, при этом потребность воды составляет 60-70 млн. м^3.

* пополнение озера Сарпа за счет реконструкции и технического перевооружения Калмыцко-Астраханской рисовой оросительной системы, при этом необходимо предусмотреть подачу воды в Калмыцкий магистральный канал и Главный коллекторный сброс по закрытому трубопроводу.

Эти меры также позволят создать мелиоративные системы нового поколения - гидромелиоративные системы оазисного (очагового) типа, основанные на принципах экологизации окружающей среды: пастбищные водопойные пункты, мелкоконтурное оазисное орошение с использованием водосберегающих технологий полива.



А) 2012.07.20
Landsat 7 ETM+

Б) 2014.08.03
Landsat 8

OLI/TIRS

В) 2018.08.28
Sentinel-2

Рисунок 2 - Спутниковые снимки состояния поверхности водной акватории озера Сарпа Республики Калмыкия

А) 2012 год - площадь зеркала водной поверхности – 26,9 км^2, минерализация воды 7,4 г/л

Б) 2014 год - площадь зеркала водной поверхности – 21,7 км^2, минерализация воды 14,6 г/л

В) 2018 год – площадь зеркала водной поверхности - 2,5 км^2, минерализация воды 36,7 г/л

Фото - Озеро Сарпа Республика Калмыкия (фото Дедовой Э.Б.)

Список использованных источников

1. Адьяев С.Б., Дедова Э.Б., Сазанов М.А. Комплексное использование водных ресурсов Республики Калмыкия: монография // под общ. ред. к.с.-х. наук О.В. Демкина. - Элиста: ЗАОр «НПП «Джангар», 2006. - 200 с.

2. Бородычев В.В. Водные ресурсы Республики Калмыкия и мероприятия по совершенствованию водохозяйственного комплекса / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов // Доклады РАСХН. – 2015. - №4 – С. 41-45.

3. Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Сазанов М.А., Дедов А.А. Экосистемный мониторинг водных ресурсов и мелиоративных объектов // Российская сельскохозяйственная наука. - 2017. - №3. - С. 56-61.

4. Дедова Э.Б. Методические положения создания комплексного мониторинга водных ресурсов и мелиоративных систем Республики Калмыкия / Э.Б. Дедова, Н.Н. Дубенок, В.В. Бородычев, С.Д. Исаева, М.А. Сазанов. – Москва, 2017. - 97 с.

5. Доскач А.Г. Природное районирование Прикаспийской полупустыни / А.Г. Доскач. – М.: Изд-во «Наука», 1979. -140 с.

УДК 574.5:574.474

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ОЗЕРА БОЛЬШОЕ ЯШАЛТИНСКОЕ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

В.И. Иванова
КФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Элиста, Россия

Территория Республики Калмыкия характеризуется аридностью климата, засоленностью почв, минерализованными подземными водами, что способствует опустыниванию ландшафта, увеличению площади солончаков, распространению соленых озер. Они к концу лета пересыхают, образуя на поверхности соляную корку мощностью до 1 см и более. К ним относятся озера Манычской группы реликтового (морского) происхождения: Маныч-Гудило, Маныч, Большое и Малое Яшалтинское, Джама, Царык и др. [1,2, 9] (рис. 1).

В последние годы озеро Большое Яшалтинское привлекает внимание исследователей, населения Республики Калмыкия, Ростовской области, Ставропольского края и др. регионов, так как его грязь и рапа обладают высоким терапевтическим эффектом.

Полевые исследования, которые включали мониторинг поверхностных вод озера, прилегающих к водоему территорий, а также лабораторные анализы, были выполнены в период с 2015 по 2019 гг.

Озеро Большое Яшалтинское расположено в 12 км юго-восточнее поселка Яшалта Яшалтинского района Республики Калмыкия, занимает площадь около 40 км^2 (8х5 км), имеет ромбовидную форму, слабый врез 0,7-1,0 м, его длина около 8 км, ширина – 5 км, глубина весной 0,5-0,6 м, в начале лета 0,05-0,1 м, в конце лета пересыхает. Температура воды в озере колеблется от +12,5^0 – +30^0 весной до +16^0 – +38^0 летом [5, 6].

Рисунок 1 – Система Манычских озер Яшалтинского района Калмыкии

Его котловина представляет собой очень мелкую, почти плоскую чашу с непостоянным водным покровом. Почвенный покров вокруг озера сложный: на севере, северо-востоке доминируют солонцы луговые, на востоке – солонцы каштановые в комплексе с каштановыми почвами, на юге, юго-западе – темно-каштановые карбонатные в комплексе с солонцами. Почвообразующими породами являются глины, тяжелые и средние суглинки. Почвенный покров имеет ярко выраженную комплексную структуру. Почвы засоленные с хлоридным, хлоридно-сульфатным типом засоления (табл. 1).

Согласно классификации Н.А. Качинского пахотный слой почвы тяжелосуглинистый, содержит 44,9…58,0% физической глины, 25,9…41,1%, крупной пыли и 25,8…35,2% ила, на глубине 50–100 см почва среднесуглинистая. Содержание гумуса низкое в слое 0…0,4 м 2,76%; в пахотном слое содержание азота низкое (65,0 мг/кг), содержание подвижного фосфора очень низкое (7,3 мг/кг), обменного калия среднее (282 мг/кг).

Территория района исследований расположена на стыке двух зон растительности: степной и полупустынной. Околоводная растительность периодически меняется из-за изменяющегося уровня воды в озере. На формирование растительного покрова также влияет сложность рельефа, недостаток атмосферных осадков, засоленность почв, гидрографическая сеть и высокая температура воздуха в вегетационный период. Растительность представлена в основном разнотравно-злаковыми и дерновинно-злаковыми ценозами с ярко выраженной комплексностью, отличающимися бедностью флористического состава с преобладанием ксерофильных злаков, полукустарников (полыней), засухоустойчивых и солевыносливых растений [3, 4, 7, 8].

В составе флоры выявлен 51 вид высших сосудистых растений из 15 семейств: Poaceae (14 видов 28 %), Chenopodiaceae (11 видов 22 %), Asteraceae (7 видов 14 %), Brassicaceae (4 вида 8 %), Polygonaceae (2 вида 4 %), Fabaceae (2

вида 4 %), Lamiaceae (2 вида 4 %), Plumbaginaceae (2 вида 4 %), остальные семейства представлены одним видом каждый (Ranunculaceae, Boraginaceae, Caryophyllaceae, Apiaceae, Liliaceae, Geraniaceae, Hypericaceae) (рис. 2).

Таблица 1 - Химический состав водной вытяжки из образцов почв

Глубина	HCO_3^- мг-экв,%	Cl^- мг-экв,%	SO_4^{--} мг-экв,%	∑ анионов мг-экв,%	Ca^{++} мг-экв,%	Mg^{++} мг-экв,%	Na^+ мг-экв,%	∑ катионов мг-экв,%	∑солей %	Тип и степень засоления*
0-10	0,85 0,052	0,30 0,011	0,25 0,012	1,40 0,075	0,25 0,005	0,25 0,003	0,90 0,021	1,40 0,029	0,103	Хлоридный, слабая
10-20	0,95 0,058	0,50 0,018	0,25 0,012	1,70 0,088	0,25 0,005	0,25 0,003	1,20 0,028	1,70 0,036	0,123	Хлоридный, слабая
20-30	1,50 0,092	1,70 0,060	0,75 0,036	3,95 0,188	0,50 0,010	0,25 0,003	3,20 0,074	3,95 0,087	0,274	Хлоридный, средняя
30-40	1,85 0,113	1,70 0,060	0,50 0,024	4,05 0,197	0,50 0,010	0,25 0,003	3,30 0,076	4,05 0,89	0,286	Хлоридный, средняя
40-50	1,95 0,119	1,90 0,067	1,00 0,048	4,85 0,234	0,75 0,015	0,25 0,003	3,85 0,089	4,85 0,107	0,341	Хлоридный, средняя
50-60	2,00 0,122	2,00 0,071	1,25 0,060	5,25 0,253	0,75 0,015	0,50 0,006	4,00 0,092	5,25 0,113	0,366	Хлоридный, средняя
60-70	1,75 0,107	2,50 0,089	1,50 0,072	5,75 0,268	0,75 0,015	0,50 0,006	4,50 0,104	5,75 0,125	0,392	Хлоридный, средняя
70-80	1,45 0,088	2,90 0,103	2,75 0,132	7,10 0,323	1,25 0,025	0,75 0,009	5,10 0,117	7,10 0,151	0,475	Хлоридный, сильная
80-90	1,35 0,082	3,50 0,124	6,25 0,300	11,10 0,506	1,75 0,035	1,25 0,015	8,10 0,186	11,10 0,236	0,743	Хлоридно-сульфатный, средняя
90-100	0,95 0,058	4,00 0,142	10,00 0,480	14,95 0,680	2,75 0,055	3,00 0,036	9,20 0,212	14,95 0,303	0,983	Хлоридно-сульфатный, средняя

Виды, относящиеся к доминантным семействам, составляют 86% из всей флоры, доля всех остальных семейств составляет 14% от общей численности.

Мониторинг химического состава покровных вод озера Большое Яшалтинское показал, что состав ионов и минерализация воды периодически меняются под действием гидрометеорологических условий года. За период исследований минерализация воды в озере Большое Яшалтинское варьировала от 129,79 до 209,51 г/л в весенний период и от 216,19 до 263,64 г/л – в летний (табл. 2).

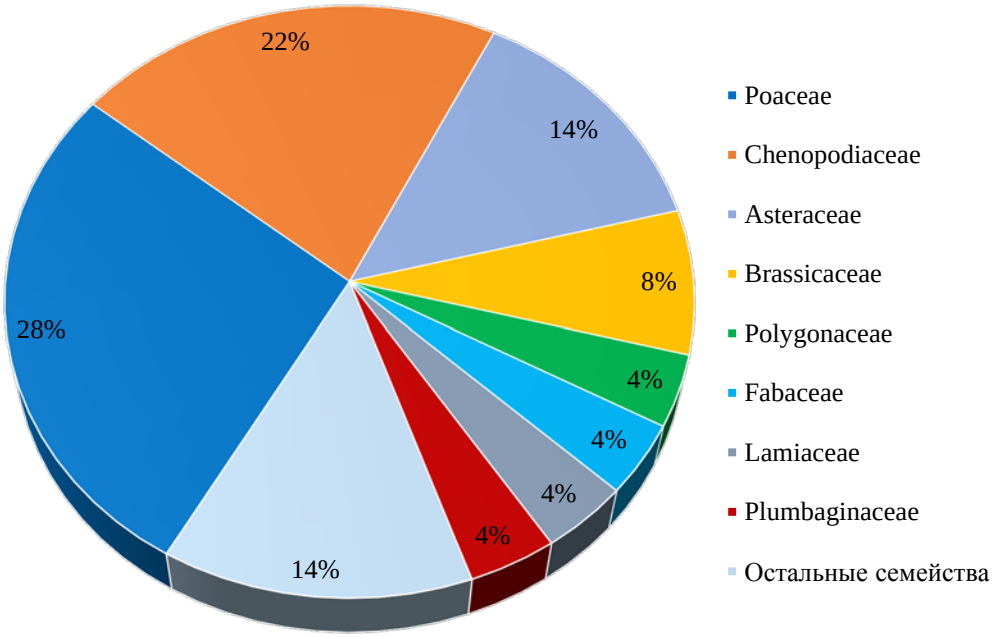


Рисунок 2 – Спектр семейств флоры долины Маныча

В весенний период отмечается наименьшее значение минерализации с постепенным увеличением в летний период. При этом ионный состав изменяется от сульфатно-хлоридного магниево-натриевого до хлоридного натриево-магниевого.

Наблюдения за изменениями минерализации воды в течение пяти лет показали, что соленость воды к концу лета увеличивалась на 47,8-104,7 г/л. Наибольшее увеличение минерализации воды было отмечено в 2017 году, а наименьшее в 2016 году. Также было отмечено снижение минерализации воды в весенний период 2017 г. на 59,68 г/л, и дальнейшее ее повышение к весне 2019 г. на 74,47 г/л.

Сравнение результатов ежегодного мониторинга поверхностных вод озера Большое Яшалтинское показывает, что минерализация воды к концу вегетационного сезона стабильно повышалась на протяжении всех пяти лет и на сегодняшний день составила 263,64 г/л, что на 47,45 г/л больше, по сравнению с предыдущим годом.

Анализ данных за пятилетний период наблюдений показывает, что к 2019 году минерализация покровной воды озера заметно увеличилась - на 20,0…79,7 г/л в весенний период и на 11,1…47,5 г/л в летний период.

Уровень воды озера Большое Яшалтинское, его акватория зависят от условий водности и в отдельные годы испытывают сильные колебания вплоть до полного высыхания. Многообразие растительности зависит от комплексности почвенного покрова с преобладанием полукустарничков, засухоустойчивых и солевыносливых растений.

Таблица 2 - Мониторинг химического состава покровных вод озера Большое Яшалтинское

Дата отбора	Концентрация ионов, г/л/(мг-экв/л)/%мг-экв							Сумма солей, г/л	pH
	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+		
2015 г.									
04.05	-	0,024	99,400	0,552	0,060	0,522	63,604	164,16	7,8
	-	0,40	2800,00	11,50	3,00	43,50	2765,40		
	-	0,01	49,79	0,20	0,05	0,77	49,18		
15.08	-	0,037	151,37	2,448	0,010	0,696	97,913	252,48	8,0
	-	0,60	4264,00	51,00	0,50	58,00	4257,10		
	-	0,01	49,40	0,59	0,01	0,67	49,32		
2016 год									
20.04	0,003	0,98	67,44	47,63	7,41	9,61	56,4	189,47	7,8
	0,10	16,05	1927	992,3	370,25	801,16	2452		
	-	0,28	32,82	16,9	5,11	11,06	33,83		
27.07	-	1,11	72,35	64,92	10,11	16,94	71,85	237,28	8,2
	-	18,25	2067	1352,5	505,35	1411,7	3124		
	-	0,27	30,06	19,67	5,01	14	30,99		
2017 год									
14.05	0,084	0,659	73,414	7,728	6,660	2,916	38,332	129,79	7,8
	2,80	10,80	2068,0	161,0	333,0	243,0	1666,60		
	0,06	0,24	46,11	3,59	7,42	5,42	37,16		
05.08	0,015	0,982	143,136	0,120	6,500	2,100	81,675	234,53	8,0
	0,5	16,1	4032,0	2,5	325,0	175,0	3551,1		
	0,01	0,20	49,76	0,03	4,01	2,16	43,83		
2018 год									
22.05	0,063	0,628	77,461	7,032	6,300	3,318	40,236	135,04	7,8
	2,10	10,30	2182,0	146,5	315,0	276,50	1749,4		
	0,04	0,22	46,61	3,13	6,73	5,90	37,37		
29.07	0,075	0,641	127,303	6,240	6,500	3,120	72,312	216,19	8,2
	2,50	10,50	3586,00	130,00	325,00	260,00	3144,00		
	0,03	0,14	48,08	1,75	4,36	3,49	42,15		
2019 год									
25.04	0,069	0,622	123,469	6,000	6,300	3,120	69,932	209,51	8,0
	2,30	10,20	3478,00	125,00	315,00	260,00	3040,50		
	0,03	0,14	48,10	1,73	4,36	3,60	42,04		
11.08	-	0,616	140,793	25,680	8,800	6,420	81,330	263,64	7,8
	-	10,10	3966,00	535,00	440,00	535,00	3536,10		
	-	0,11	43,96	5,93	4,88	5,93	39,19		

Список использованных источников

1. Абушинова, Н.Н. Экология и геологическая история формирования лечебных грязей озер Кумо-Манычской впадины, перспективы их использования /Н.Н. Абушинова, В.А. Лазарева, В.И. Бамбеева, В.К. Фролков, Г.Е. Самонина// Геоэкология. № 6. Москва, 2005. С. 360-364.

2. Адьяев, С.Б. Комплексное использование водных ресурсов Республики Калмыкия /Адьяев, С.Б., Дедова, Э.Б., Сазанов, М.А.// Элиста: ЗАОр «НПП Джангар». 2006. 200 с.

3. Бамбеева, В.И. Комплексная характеристика биоценоза гипергалинного водоема Калмыкии /В.И. Бамбеева, Н.М. Бакташева, Э.Б. Дедова// Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». 2009. №3. С. 20-24. DOI: 10.18384/2310-7189-2009-3-20-24.

4. Богун, Н.М. Современное состояние и динамика прибрежной растительности соленых озер долины Маныча /Н.М. Богун// К единству России: аспекты регионального и национального взаимодействия. Материалы региональной научно-практической конференции с международным участием. – Элиста: ЗАОр «НПП» Джангар», 2009. С. 532-536.

5. Бородычев, В.В. Водные ресурсы Республики Калмыкия и мероприятия по совершенствованию водохозяйственного комплекса /В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов// Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 4. 2015. С. 41-45.

6. Дедова, Э.Б. Характеристика водных ресурсов Республики Калмыкия и пути их рационального использования для нужд агропромышленного комплекса /Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов, С.И. Ковриго// Мат. межд. науч. конф «Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий». Вып. 6 /под общ. ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2014. - С.256-260.

7. Иванова, В.И. Экологическое состояние и генезис биоты гипергалинных водоемов Калмыкии /В.И. Иванова// Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. к.б.н. Саратов, 2013. 20 с.

8. Овчинников, А.С. Особенности экосистем соленых водоемов Калмыкии /А.С. Овчинников, В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, В.И. Иванова// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. Москва, 2015. № 4 (40). С. 10-21.

9. Овчинников, А.С. Мониторинг водных ресурсов Республики Калмыкия и проблемы экосистемного водопользования в агропромышленном комплексе /А.С. Овчинников, В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Волгоград, 2015. С. 9-19.

УДК: 57.04

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДВОДНОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ р. ВОЛГА

А.В. Ильинский, Г.В. Побединская
МФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, п. Солотча, Россия

Основными антропогенными факторами ухудшения химического состава поверхностных и подземных вод являются накопление отходов производства и быта (терриконы, свалки и т.д.); применение удобрений и ядохимикатов, неправильный режим орошения (сопровождающийся увеличением минерализации вод); сброс промышленных и хозяйственно-бытовых стоков (на поля фильтрации, в пруды-отстойники, накопители и др.), подземное захоронение отходов производства; радиоактивное загрязнение окружающей среды под влиянием ядерных взрывов, радиоактивных выбросов или утечек и пр.; утечки канализации; аварии трубопроводов, промышленные предприятия, а также использование токсичных строительных материалов [1, 2, 4]. Поверхностные воды загрязняются и от нефтяных промыслов, предприятий горнодобывающей промышленности, шламонакопителей и отвалов металлургических заводов, хранилищ химических отходов и удобрений, животноводческих комплексов, не канализованных пунктов и т.д. Загрязнение водных объектов снижает устойчивость водных экосистем как важнейших компонентов биосферы и потребительское качество воды, оказывает серьезное влияние на здоровье и продолжительность жизни человека [5].

Необходимость контроля состояния окружающей среды связана с увеличением антропогенного воздействия на биосферу и развитием деградационных процессов в компонентах природной среды [3, 4, 6]. В настоящее время в практике оценочных исследований в качестве признаков для сравнения чаще всего применяют нормативные показатели: санитарно-гигиенические и экологические критерии.

Отбор проб воды до начала строительства подводного перехода через р. Волга осуществлялся в соответствии с ГОСТ Р51592-2000. Аналитические исследования выполнялись по общепринятым методикам в аккредитованной лаборатории. После завершения строительства подводного перехода методом наклонно-направленного бурения (ННБ), который обеспечивает бестраншейную прокладку трубопровода, в 100 м выше и 100 м ниже подводного перехода трубопровода были отобраны четыре пробы воды.

Качественная характеристика воды водного объекта, отобранной в 100 м выше перехода трубопровода (правый берег р. Волга) соответствует ПДК рыбохозяйственного водопользования по хлоридам, сульфатам, сухому остатку, иону аммония, азоту нитратов, азоту нитритов, нефтепродуктам, железу общему, кадмию, свинцу, фосфатам (по Р) и не отвечает вышеуказанным требованиям по меди – 9 ПДК, марганцу – 4,5 ПДК, цинку – 1,5 ПДК (табл. 1). Требования СанПиН 2.1.5.980-00 к качеству воды водного объекта выполняются для всех показателей.

Таблица 1– Химический состав поверхностных вод в районе ННБ р. Волга, правый берег реки

Определяемый компонент	Единица измерен.	ГН 2.1.5.1315-03	Номер пробы	
			Прав. берег, выше 100м по течению	Прав. берег, ниже 100м по течению
pH	един. pH	6,5-8,5	7,99	7,88
Нефтепродукты	мг/дм^3	0,30	0,04	0,06
Прозрачность	см.	–	31	31
Взвешенные вещества	мг/дм^3	–	3,2	4,5
Запах	балл	2	1	1
Железо общее (Fe)	мг/дм^3	0,3	0,030	0,030
Аммонийный азот (NH_4^+)	мг/дм^3	1,5	0,23	0,28
Нитратный азот (NO_3^-)	мг/дм^3	45	0,59	0,68
Нитритный азот (NO_2^-)	мг/дм^3	3,3	< 0,010	< 0,010
Фосфаты (по Р)	мг/дм^3	–	0,062	0,054
Хлориды (Cl^-)	мг/дм^3	350	5,0	5,7
Сульфаты (SO_4^{2-})	мг/дм^3	500	26,4	16,8
Сухой остаток	мг/дм^3	–	180	280
$БПК_5$	мг/дм^3	4	< 1,0	1,24
Фенолы	мг/дм^3	0,001	< 0,002	0,002
Кадмий (Cd)	мкг/дм^3	1,0	0,1	< 0,1
Марганец (Mn)	мкг/дм^3	100	45	10
Медь (Cu)	мкг/дм^3	1000	9	2
Цинк (Zn)	мкг/дм^3	1000	15	17
Свинец (Pb)	мкг/дм^3	10	2	2

Анализ проб воды, отобранной в 100 м ниже перехода трубопровода (правый берег) позволяют сделать вывод, что качество воды р. Волга соответствует требованиям ПДК по перечню рыбохозяйственных нормативов по всем показателям, кроме нефтепродуктов – 1,2 ПДК, меди – 2 ПДК, цинка – 1,7 ПДК (табл. 1). Требования СанПиН 2.1.5.980-00 к качеству воды водного объекта выполняются для всех показателей.

Качественная характеристика воды водного объекта, отобранной в 100 м выше перехода трубопровода (левый берег) соответствует ПДК рыбохозяйственного водопользования по всем исследуемым показателям, кроме меди – 2 ПДК (таблица 2). Также отмечено превышение по таким показателям как $БПК_5$ – 1,125 ПДК. Требования СанПиН 2.1.5.980-00 к качеству воды водного объекта выполняются для всех показателей.

Анализы проб воды, отобранной в 100 м ниже перехода трубопровода (левый берег) позволяют сделать вывод, что качество воды р. Волга соответствует требованиям ПДК по перечню рыбохозяйственных нормативов по всем показателям, кроме меди – 3 ПДК, марганца – 6,1 ПДК (табл. 2). Требования СанПиН 2.1.5.980-00 к качеству воды водного объекта выполняются для всех показателей. Вода реки Волга имеет очень слабый речной запах (1 балл).

Таблица 2 – Химический состав поверхностных вод в районе ННБ р. Волга, левый берег реки

Определяемый компонент	Единица измерен.	ГН 2.1.5.1315-03	Номер пробы	
			Лев. берег, выше 100 м по течению	Лев. берег, ниже 100 м по течению
pH	един. pH	6,5-8,5	7,71	7,82
Нефтепродукты	мг/дм^3	0,30	0,05	<0,04
Прозрачность	см.	–	31	31
Взвешенные вещества	мг/дм^3	–	4,5	4,7
Запах	балл	2	1	1
Железо общее (Fe)	мг/дм^3	0,3	0,040	0,054
Аммонийный азот (NH_4^+)	мг/дм^3	1,5	0,28	0,43
Нитратный азот (NO_3^-)	мг/дм^3	45	0,69	0,59
Нитритный азот (NO_2^-)	мг/дм^3	3,3	< 0,010	< 0,010
Фосфаты (по P)	мг/дм^3	–	0,046	0,054
Хлориды (Cl^-)	мг/дм^3	350	5,0	4,4
Сульфаты (SO_4^{2-})	мг/дм^3	500	22,2	15,2
Сухой остаток	мг/дм^3	–	230	180
$БПК_5$	мг/дм^3	4	2,25	< 1,0
Фенолы	мг/дм^3	0,001	< 0,002	0,002
Кадмий (Cd)	мкг/дм^3	1,0	0,1	0,1
Марганец (Mn)	мкг/дм^3	100	6	61
Медь (Cu)	мкг/дм^3	1000	2	3
Цинк (Zn)	мкг/дм^3	1000	7	10
Свинец (Pb)	мкг/дм^3	10	1	1

Сравнивая качественную характеристику воды р. Волга до начала строительства и после строительства трубопровода можно сделать вывод, что проведение строительных работ не оказало существенного влияния на состояние водного объекта. Произошло незначительное увеличение содержания взвешенных веществ – на 2,3 мг/дм^3, сульфатов – на 15 мг/дм^3, сухого остатка – на 66 мг/дм^3, цинка – на 0,006 мг/дм^3.

Визуальное обследование поймы р. Волга, выполненное в месте перехода трубопровода после проведения работ по ННБ показало, что со стороны правого берега грунт отодвинут в реку и размывается водой, ямы не засыпаны, наблюдаются кучи грунта.

По результатам мониторинга состояния поверхностных вод можно сделать следующий обобщенный вывод: негативное воздействие на санитарно-химическое состояние поверхностных вод, обусловленное строительством ННБ, не выявлено. Результаты экологического мониторинга, полученные на завершающем этапе строительных работ, послужат основой для организации и поведения производственного экологического контроля состояния окружающей среды на период эксплуатации объекта.

Список использованных источников

1. Виноградов Д.В. Экологические аспекты охраны окружающей среды и рационального природопользования: учебное пособие / Д.В. Виноградов, А.В. Ильинский, Д.В. Данчеев // Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2017. – 128с.

2. Захарова, О.А. Характеристика грунтовых вод на мелиорированном агроландшафте / О.А. Захарова, К.Н. Евсенкин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2016. – № 2 (30). – С. 18–22.

3. Ильинский А.В. Экологическая оценка последствий строительства подводного перехода через реку Великая / А.В. Ильинский, Г.В. Побединская // Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации. Материалы международной научно-практической конференции 24-25 октября Москва 2018. – С.376-379.

4. Ильинский А.В. Результаты исследований химического состава подземных вод в районе расположения перекачивающей станции / А.В. Ильинский, Г.В. Побединская // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: материалы международной научно-практической конференции. – Рязань: Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета, 2019. – С.162-166.

5. Коломийцев Н.В. Загрязнение тяжелыми металлами и мышьяком донных отложений Иваньковского водохранилища / Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский, Т.А. Ильина // Вода: химия и экология. – 2017. – № 2. – С. 20–28.

6. Маслов Б.С. Вниз по реке / Б.С. Маслов, П.И. Пыленок, В.Н. Сельмен // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 2. – С. 52–55.

УДК: 631.6.02:624.13

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ В ПОЧВЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРУБОПРОВОДА НА ТЕРРИТОРИИ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Ильинский, Г.В. Побединская
Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия

При строительстве магистральных сооружений, в частности магистральных нефтепродуктопроводов (МНПП), повышаются риски нарушения почвенного покрова, поверхностного стока, загрязнения почв техническими и бытовыми отходами, нарушения грунтов за счет работы тяжелой техники [2]. После завершения этапа строительных работ выполняется рекультивация территорий, в результате значительно восстанавливается почвенно-растительный слой [4]. Использование современных технологий в области рационального природопользования и экологии при подготовке проектных решений и реализации проектов позволяют практически полностью компенсировать нарушения, связанные со строительством магистральных сооружений [3, 5]. В настоящее время уделяется большое внимание изучению природных биоценозов для минимизации ущерба окружающей среде при строительстве и эксплуатации трубопроводов [8, 9]. Нарушение важнейших физиологических процессов тяжелыми металлами приводит к изменению основных показателей качества сельскохозяйственной продукции. Тяжелые металлы представляют серьезную угрозу для жизнедеятельности человека, получения растениеводческой продукции и входят в состав приоритетных показателей при проведении мониторинга и комплексных инженерных изысканий [1, 6, 7].

В рамках мониторинга почвенного покрова в ходе маршрутного обследования проведена оценка его загрязнения тяжелыми металлами, выполненная в соответствии со шкалой экологического нормирования тяжелых металлов для почв со слабой и кислой реакцией на начальном этапе строительства и после окончания строительных работ (табл. 1). Все почвенные образцы исследовались на содержание тяжелых металлов в специализированной лаборатории.

В результате комплексных аналитических исследований почвы, отобранной на территории Ивановской области**,** было установлено, что в обследуемом районе развиты почвы следующих типов: аллювиальные луговые (правый берег р. Уводь, 61,0 км по трассе) и дерново-подзолистые (ЗАО «Виргуза» – 125,0 км по трассе и СПК «Писцовский» – 153,6 и 163,5 км по трассе), по механическому составу среднесуглинистые и легкосуглинистые соответственно. Показатель pH почвенного раствора колеблется от кислого на правобережье р. Уводь до слабокислого на сельскохозяйственных землях. На начало и окончание строительства обследуемые почвы незначительно различаются по удельному весу (min – 2,54 г/см^3, max – 2,67 г/см^3), влажности (min – 9,25%, max – 24,30%) и общей пористости (min – 41,21%, max – 58,89%).

Таблица 1 – Шкала экологического нормирования тяжелых металлов для почв со слабой и кислой реакцией [7]

Градации	Содержание, мг/кг	
	свинец	цинк
Уровень содержания:		
Очень низкий	<5	<15
Низкий	5–10	15–30
Средний	10–35	30–70
Повышенный	35–70	70–100
Высокий	70–100	100–150
Очень высокий	100–150	150–200
Уровень загрязнения:		
Низкий	100–150	150–200
Средний	150–500	200–500
Высокий	500–1000	500–1000
Очень высокий	>1000	>1000

При строительстве нефтепродуктопровода особое место в исследованиях занимает масштаб и степень загрязнения почвы нефтепродуктами. Почва оценивалась по степени загрязнения нефтепродуктами в соответствии с «Порядком определения размера ущерба от загрязнения земель химическими веществами». По результатам проведенных исследований установлено, что как на начало строительства МНПП на территории Ивановской области, так и после его завершения общее содержание нефтепродуктов в почве низкое, в основном, менее 50 мг/кг (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание нефтепродуктов в почве до и после строительства трассы нефтепродуктопровода Ивановской области

№ пробы	Место взятия образца	Км по трассе	Содержание нефтепродуктов в почве, мг/кг	
			до начала строительства МНПП	после строительства МНПП
23	р. Уводь правый берег	61,0	106,9	108
32	ЗАО «Виргуза»	125,0	<50	<50
41	СПК «Писцовский»	156,3	53,8	52,7
42	СПК «Писцовский»	163,5	<50	<50

Содержание тяжелых металлов в почвах линейных сооружений Ивановской области, заложенных в полосе отвода трассы на начальном этапе строительства и после окончания работ, представлено в таблице 3. Почвенные образцы характеризуются средним (0,11–0,18 мг/кг) и повышенным содержанием кадмия (0,30–0,35 мг/кг), согласно шкале экологического нормирования, обследованная территория характеризуется как незагрязненная кадмием. Содержание цинка оценивается как очень низкое и низкое. Содержание в почве обследуемых участков свинца не претерпело существенных изменений и характеризуется от очень низкого уровня содержания до низкого. Участки строительства МНПП (61,0–

163,5 км по трассе), расположенные в пределах Ивановской области, характеризуются как незагрязненные тяжелыми металлами.

Таблица 3 – Содержание свинца и цинка в почве до и после строительства на участках линейной части трубопровода

Место взятия образца	Км по трассе	Содержание тяжелых металлов в почве, мг/кг			
		Pb		Zn	
		до начала строительства	после строительства	до начала строительства	после строительства
р. Уводь, правый берег	61,0	3,98	3,99	16,05	16,06
ЗАО «Виргуза»	125,0	7,96	7,95	24,15	24,17
СПК «Писцовский»	156,3	9,10	9,10	22,44	22,44
СПК «Писцовский»	163,5	6,42	6,43	28,24	28,27

Незначительные колебания содержания тяжелых металлов в почвенных образцах, отобранных до начала строительства и после его завершения, возможно, связаны с проведенными рекультивационными работами.

Выполненные за отчетный период исследования и мониторинг экологического состояния почвенного покрова при строительстве линейной части трубопровода на территории Ивановской области позволили сделать следующие выводы:

1. На обследуемых территориях основными типами почв являются дерново-подзолистые легкосуглинистые и супесчаные;

2. Основные физико-механические показатели обследуемых почв до и после строительства трубопровода не претерпели существенных изменений;

3. Содержание нефтепродуктов во всех почвенных пробах до начала и после завершения строительных работ очень низкое (от <50,0 до 108,0 мг/кг);

4. Содержание тяжелых металлов (цинка, свинца) в почвах обследуемых территорий на завершенных участках строительных работ не превышает допустимых значений и не представляет опасности.

Таким образом, на участках завершенных строительных работ трассы трубопровода, расположенных на территории Ивановской области, строительство существенным образом не отразилось на содержании свинца, цинка и нефтепродуктов.

Список использованных источников

1. Аристархов А.Н. Тяжелые металлы в агроценозах различных типов почв России и их влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур / А.Н. Аристархов // 1-я Международная научная конференция. Деградация почвенного покрова и проблемы агроландшафтного земледелия / СГСХА – Ставрополь, 2001. – С. 239–241.

2. Ильинский А.В. К вопросу решения экологических задач при строительстве магистральных трубопроводов на сельскохозяйственных землях / А.В. Ильинский // Современные

энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. трудов науч. чтений // под ред. Ю.А. Мажайского. – Вып.13 – Рязань: ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2017. – С. 108–111.

3. Ильинский А.В. К вопросу оценки загрязненности почв при строительстве нефтепродуктопроводов / А.В. Ильинский, Г.В. Побединская // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. трудов науч. чтений // под ред. Ю.А. Мажайского. – Вып. 13 – Рязань: ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2017. – С. 105–108.

4. Ильинский А.В. Комплексная нефтеэкологическая оценка загрязненных нефтяными углеводородами почв и грунтов как основа для их эффективной биологической очистки / А.В. Ильинский, Д.В. Виноградов, Г.Д. Гогмачадзе // АгроЭкоИнфо. – 2017, №1. http: //agroecoinfo.narod.ru/journal/ STATYI /2017/ 1/st_105.doc.

5. Ильин Н.П. Наблюдение за самоочищением почв от нефти в средней и южной тайге / Н.П. Ильин, И.Г. Калачникова, Т.И. Каркишко и др. // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. – М.: Наука, 1982. – С. 245–254.

6. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях: пер. с англ. / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

7. Обухов А.И. Охрана и рекультивация почв, загрязненных тяжелыми металлами / А.И. Обухов, Л.Л. Ефремова // Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы: Тезисы докладов Всесоюзной конференции - М., 1988. Ч. 1. – С. 23–26.

УДК 631.6

МЕТОДИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

С.Д. Исаева, Э. Б. Дедова, И.Г. Бондарик, Е.А. Макарычева, Е.В. Овчинникова, Т.В. Наумова, А.А. Дедов, Н.П. Курбатов, О.А. Стрижников
ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Мелиорация земель и водохозяйственное строительство являются мощными факторами воздействия на природную среду и по своей силе соизмеримы с геологическими факторами. Под их влиянием происходит существенное перераспределение водных ресурсов, гидродинамических напоров потоков подземных вод, нарушается сложившееся естественное динамическое равновесие природных систем. Для сохранения экологически благоприятного состояния речных бассейнов и водных объектов при водохозяйственном воздействии определена необходимость перехода к экосистемному водопользованию в сельском хозяйстве, предполагающему рациональное и экономически эффективное использование водных ресурсов с соблюдением экологических ограничений на их изъятие, доставку потребителю, распределение и сбросы [1].

С этих позиций для научного обоснования мер по реализации экосистемного водопользования возможно применение положений теории устойчивости сложных систем и управления риском, факторы которого определяются общей ситуацией и накопившимися проблемами водного хозяйства, динамическими, не всегда благоприятными, климатическими изменениями. Если говорить об экологической устойчивости природных систем, то основными методами управления риском являются информационные, организационные, нормативно-правовые,

экономические, инженерно-технические. На этой основе сформирована система методов обеспечения экосистемного водопользования в сельском хозяйстве. Система включает усовершенствованные комплексы методов управления водохозяйственной деятельностью, ее организации, нормативных, правовых, информационных, а также научно-методических и инженерно-технических.

Очевидно, что очень важное практическое значение имеют методы информационного обоснования принятия решений в АПК по реализации мер, обеспечивающих рациональное водопользование, в частности, при мелиорации сельскохозяйственных земель. Как основа информационного обеспечения разработана система экологического мониторинга мелиорированных земель при мониторинге земель сельскохозяйственного назначения [2], базирующаяся на многолетних научных, методических и практических исследованиях ВНИИГиМ, а также разработанных методических документах в области контроля мелиоративного состояния орошаемых и осушенных земель [3].

Поскольку при мелиорации, прежде всего, при орошении и осушении земель, одновременно подвергаются воздействию мелиорированные и прилегающие земли, почвы, подземные и поверхностные воды, то ведение мониторинга основано на междисциплинарных подходах и комплексных наблюдениях за компонентами природных систем, подверженных изменениям и действующими факторами (климат и гидромелиоративные системы). Мониторинг обязательно включает прогнозные расчеты, предполагает периодическую оценку их достоверности и имеет не только практическую направленности, но получение результатов, необходимых для развития фундаментальных представлений и методических положений, необходимых для развития мелиоративной гидрогеологии, мелиоративного почвоведения и мелиоративной науки в целом.

Усовершенствованная система мониторинга, включая методические основы, принципы и методы его ведения нашли отражение в разработанной информационной технологии экологического мониторинга мелиорированных земель. Ее реализация на практике предполагает сбор информации о состоянии мелиорированных земель, мелиоративной системы, почв, водных объектов и его изменениях, обработку информации и представление собранных данных в виде комплексной информационной модели (совокупность подмоделей картографических, математических), которая необходима и достаточна для принятия решений по управлению мелиоративным состоянием земель и плодородием почв с целью минимизации возможных экологических рисков в сельском хозяйстве и создания условий для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур вне зависимости от природно-климатических условий [2].

Для реализации технологии в результате проведенных исследований усовершенствованы методы наблюдений за мелиоративным состоянием орошаемых, осушенных и прилегающих земель, состоянием водных объектов и гидротехнических сооружений в рамках мониторинга мелиорируемых земель. Усовершенствована система показателей для адекватного анализа мелиоративного состояния земель, почв, состояния оросительных каналов и режимов их работы, коллекторно-дренажной сети.

Использование положений теории массопереноса позволило внести изменения в систему наблюдаемых почвенных и фильтрационных показателей, методы расчета, сформулировать предложения по проектированию оросительных систем, приводящие к снижению фильтрационных потерь из каналов и инфильтрации на полях [4]. При этом разработаны предложения по совершенствованию методики расчета дренажа в тяжелых грунтах, методики прогноза динамики влажности почв при орошении, методики определения критической глубины залегания уровня грунтовых вод при оценке нормы осушения на торфяных почвах для исключения возгорания торфяников.

На основе теории влагопереноса доказано, что для обоснования дренажа и объема дренажного стока в тяжелых почвах необходимо водопроницаемость рассчитывать с учетом начального градиента напора, обусловленного влиянием градиента температуры грунтовой воды на содержание в ней растворенного воздуха. Деаэрация грунтовой воды приводит к уменьшению в почвах объема проводящих пор аэрации вблизи дрены и снижает водопроницаемость на порядок и более. Этим объясняется резкое снижение ожидаемой эффективности дренажа (или ее отсутствие) на тяжелых почвах.

Длительные исследования показали, что для повышения точности прогнозов динамики влажности почв по результатам моделирования влагопереноса, основанного на применении уравнения Букингема-Дарси, необходимо учитывать фазовые переходы воды в поровом пространстве под влиянием температуры и атмосферного давления в соответствии с теорией Шаповаловой О.В. (ВНИИГиМ). В качестве параметров модели капиллярного притока грунтовых вод в почву рекомендовано использовать градиент капиллярного потенциала и коэффициент влагопроводности, определяемые по основным водно-физическим характеристикам - эпюре равновесной влажности почвы в колонке, капиллярной проводимости и кривой водоудерживания (ОГХ). Для предотвращения разрушения структуры торфяных почв и их возгораемости в засушливые периоды необходимо определять норму осушения исходя из критической глубины залегания грунтовых вод, которая на торфяниках равна высоте капиллярного поднятия над зеркалом воды при скорости капиллярного потока равной испаряемости, возрастающей с уменьшением давления пара в воздухе. Критическая глубина должна быть обеспечена при проектировании реконструкции осушительных систем, на действующих системах при снижении уровня ниже критических отметок требуется орошение [4].

В качестве мер по обеспечению экологической устойчивости речных бассейнов и их компонентов к водохозяйственному воздействию предложены методические подходы к нормированию изъятия речного стока, как на основе действующих нормативных документов, так и разработок ВНИИГиМ [5], а также к сокращению объемов, очищению и утилизации коллекторно-дренажных вод. В процессе исследований выполнен анализ разработок российских ученых, в том числе ВНИИГиМ, а также зарубежных, связанных с решением проблемы утилизации дренажно-сбросных вод [6]. Выбор методов, технологий, сооружений опреснения, очистки и регулирования состава сбросных и коллекторно-дренаж-

ных вод зависит от объема, динамики химического состава, общей минерализации и степени загрязнения воды. В современной практике для очистки и опреснения минерализованных и загрязненных коллекторно-дренажных вод применяются различные методы: физические – дистилляция, вымораживание; химические – ионный обмен; физико-химические – электродиализ, обратный осмос, сорбционные; биологические и биохимические методы и основанные на их применении технологии, установки и технические средства. Выполнено ранжирование основных методов очистки воды по требованиям к исходной минерализации, производительности, энергоемкости и степени очистки.

Во ВНИИГиМ разработаны и активно совершенствуются экологически безопасные, малоэнергоемкие технологии и конструкции сооружений биохимической очистки и регулирования качества коллекторно-дренажных вод. Наилучшие результаты биохимическая очистка дает при минерализации воды до 10 г/л [1,6]. Технологии основаны на сочетании очистительной способности высших водных растений, трав, аналогичных свойств грунтов, микроорганизмов, предназначены для снижения содержания токсичных солей (хлоридов, сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов), биогенов, тяжелых металлов, пестицидов и других загрязняющих веществ. В случае повторного использования дренажных вод для орошения, система биохимического регулирования качества коллекторно-дренажных вод дополняется блоком кондиционирования (химической мелиорации воды).

Мониторинг и оценка режима работы оросительных систем в целом, а также ее элементов, необходимы для разработки и принятия решений с целью обеспечения безаварийной работы, исключения затопления сельскохозяйственных земель и бесперебойной подачи воды сельхозпроизводителям. При мониторинге режима эксплуатации оросительных систем проводятся наблюдения за техническим состоянием сооружений оросительной системы, за уровнями и расходами воды в ключевых точках на каналах, за высотой поднятия затворов водопропускных сооружений и шлюзов-регуляторов, а также затратами на эксплуатацию и техническое обслуживание [7].

Дополнительно к принятым в Государственном мониторинге водных объектов показателям рекомендовано проведение мониторинга расходов донных и взвешенных наносов для исключения аварийных ситуаций, определено современное оборудование для проведения соответствующих наблюдений. Дано обоснование надежности работы каналов при проектировании с использованием методов математической статистики и теории вероятности.

Для итоговой оценки мелиоративного состояния сельскохозяйственных земель рассмотрены методы, основанные на предложенных показателях экологической устойчивости природно-техногенных систем, а для обоснования очередности реконструкции мелиоративных объектов возможно использованием оценок эколого-экономического риска, возникающего при разных сценариях мелиоративного и водохозяйственного воздействия.

Для сценарных прогнозных исследований проведен анализ программных продуктов, применимых для рассмотрения динамики состояния мелиорируемых

земель и его показателей. На основе анализа программных комплексов обоснованы актуальные модели для прогнозирования водно-солевого режима почв и подземных вод, водоотбора и дренажного стока при обосновании мероприятий экосистемного водопользования. На основе выполненных комплексных исследований разработаны рекомендации по ведению экологического мониторинга мелиорированных сельскохозяйственных земель [8].

Как показали исследования, экономическая эффективность мониторинга мелиорированных земель может быть определена через валовый доход сельхозпрозводства при кадастровой оценке земли [9]. Определена процедура определения кадастровой стоимости мелиорированных земель с учетом данных мониторинга. Разработанная методика определения экономической эффективности вложений на восстановление мелиоративного состояния (на предпроектной стадии инвестиционного процесса) основана на оценке валового дохода сельхозпроизводства по данным мониторинга мелиорированных земель при их текущем состоянии и при восстановлении благоприятной мелиоративной обстановки.

Практические результаты исследований получены КФ ВНИИГиМ на основе разработанных в филиале методических положений экосистемного водопользования в сельском хозяйстве, включая экологический мониторинг мелиорированных земель, для условий Республики Калмыкия, испытывающей дефицит водных ресурсов [10]. По состоянию на 2017 г. общая площадь мелиорированных земель в Республике составляла 80,9 тыс. га, в том числе 44,7 тыс. га регулярного орошения и 36,2 тыс. га лиманного. Кроме того, из межхозяйственной оросительной сети обводнялось 1 167,2 тыс. га пастбищных угодий. Мелиоративное состояние орошаемых сельскохозяйственных угодий: земли с хорошим и удовлетворительным мелиоративным состоянием занимают 32,03 тыс. га (39,6%), с неудовлетворительным по причине засоления почв – 31,02 тыс. га (38,4%), неудовлетворительным по глубине залегания уровня грунтовых вод и засолению почв – 17,85 тыс.га (22,0%).

Выполненный мониторинг водных ресурсов в республике показал, что в сельском хозяйстве используются воды Сарпинской и Калмыцко-Астраханской ООС, поступающие из р. Волга с минерализацией до 0,7 г/л (10 тыс. га, в т.ч. 3,4 тыс.га риса; затопление лиманных угодий - до 9 тыс.га и обводнение пастбищ – 13 тыс.га; воды Черноземельской ООС с минерализацией от 1,2 до 1,8 г/л (для орошения сельскохозяйственных культур на 3,0 тыс.га, затопления лиманов – 10-14 тыс.га, а также обводнения пастбищ; воды Право-Егорлыкской ООС имеют минерализацию, варьирующую от 0,171 до 0,426 г/л с различным типом химизма, используются для обводнения территории, водопоя скота, рыборазведения, полива овощебахчевых культур при капельном орошении (100-120 га); воды Каспийской ООС с минерализацией 0,5-1,5 г/л при (для возделывания овощебахчевых культур при капельном орошении, водопоя скота, хозяйственно-бытовые нужды, для промышленного рыборазведения и рыболовства и другие технологические цели). Воды водоемов, аккумулирующих местный поверхностный сток, используются для водообеспечения животноводческих стоянок, рыболовства, возделывания овощебахчевых культур при капельном орошении и на другие технологические цели. Используются воды Каспия, смешные и др. [10].

На основе анализа и обобщения нормативных, методических, литературных и экспериментальных материалов разработана зональная система классификации качества поливной воды, используемой на территории Калмыкии. Классификация и оценка выполняются по направлениям: по влиянию на свойства почв и режим грунтовых вод (почвенно-гидрогеолого-мелиоративная); по содержанию загрязняющих веществ (тяжелых металлов, пестицидов и др.); по видам растений различной степени соле- и солонцеустойчивости; по опасности воздействия на сооружения. Разработана и предложена зональная шкала почвенно-гидрогеолого-мелиоративной оценки качества оросительной воды: по степени опасности общего засоления; опасности развития в почве процессов хлоридного засоления, натриевого и магниевого осолонцевания, содообразования; по уровню щелочности и оценки в зависимости от складывающихся на орошаемом участке гидрогеологических условий. При определении обобщающего уровня качества поливной воды, ее класс устанавливается по наихудшему из контролирующих показателей [10]. Этим преследуется цель выделения тех негативных процессов, которые могут возникнуть в агромелиоративном ландшафте при поливе водой конкретного химического состава, и возможности оперативной выработки комплекса мероприятий по обеспечению экологической устойчивости.

В целом, для преодоления проблем, связанных с дефицитом водных ресурсов как в Республике Калмыкия, так и в других регионах необходима системная реализация комплекса организационных, методических и практических мер. К таким мерам, прежде всего, относятся разработка стратегии развития водного хозяйства на длительную перспективу**,** определение актуальных направлений развития, методов достижения цели, требуемых ресурсов [11]. Для каждого конкретного региона, объекта необходимо дать всестороннее интегральное обоснование потребностей в водных ресурсах. Для повышения водообеспеченности требуется рассмотрение всех возможных альтернативных вариантов обеспечения водными ресурсами регионов (водосбережение, комплексное использование поверхностных и подземных вод, опреснение, перераспределение речного стока – сценарные исследования). При этом выполняется междисциплинарная оптимизация решений с оценкой экологических, социальных и экономических рисков.

Таким образом, следует, что развитие экосистемного водопользования и его практическое воплощение в сельском хозяйстве, может базироваться только на усилении научных исследований и обосновании принимаемых решений. В условиях ярко проявляющихся, часто неблагоприятных климатических изменений, при усилении антропогенной нагрузки на природные ресурсы и развитии дефицита водных ресурсов во многих регионах страны экосистемное водопользование – основной путь к обеспечению сельского населения питьевой водой нормативного качества, восстановлению и развитию орошения земель, сохранению экологически благоприятного состояния водных объектов.

Список использованных источников

1. Водная стратегия агропромышленного комплекса России до 2020 года. [Текст].М.: Изд. ВНИИА.-2009.-72с.

2. Шевченко, В.А., Исаева, С. Д. Совершенствование мониторинга мелиорированных сельскохозяйственных земель [Текст] /В.А. Шевченко, С.Д. Исаева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2018 -№ 2 (50), С.72-78

3. Методические рекомендации по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель М., ВНИГГиМ. - 1982.-108 с.

4. Макарычева, Е.А. Теория фильтрации, основные закономерности и их использование при решении задач мелиорации [Текст]/ Е.А. Макарычева// Основные результаты научных исследований института за 2018 год. Сб. научн. тр. -М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019, с. 204-208

5. Парфенова, Н.И. Энергия химических связей веществ и ее роль в формировании экологической устойчивости агроландшафтов. [Текст] /Н.И.Парфенова/. М .: Изд. Россельхозакадемия.-2007.-125 с.

6. Овчинникова, Е.В., Стрижников, О.А. Методы и технологии повышения качества коллекторно-дренажного стока гидромелиоративных систем [Текст] / Е.В. Овчинникова, О.А. Стрижников // Основные результаты научных исследований института за 2018 год. Сб. научн. тр. -М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019, с.196-201

7. Наумова, Т.В., Пикалова, И.Ф. Мониторинг и оценка режима работ низконапорных водозаборных гидроузлов оросительных систем. [Текст]/ Т.В. Наумова, И.Ф. Пикалова //Международная научно-практическая конференция: «Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения» Москва, 29-30 марта 2016 г. Москва Изд. ВНИИА. - Том II, стр. 301-305

8. Бондарик, И.Г. Анализ математических моделей по развитию экосистемного водопользования. [Текст]/ И.Г. Бондарик// Основные результаты научных исследований института за 2018 год. Сб. научн. тр. -М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019, с.16-29

9. Куприянов, И.В., Овчинникова, Е.В. Экономическая эффективность вложений на предотвращение экологического ущерба. [Текст] / И.В. Куприянов, Е.В. Овчинникова //Международная научно-практическая конференция: «Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения» (Костяковские чтения). Москва, 29-30 марта 2016 г. Том II, стр. 298-301.

10. Дедова, Э.Б., Дедов, А.А., Иванова, В.И., Манджиева, Т.Н. Проблемы водопользования и функционирования водохозяйственного комплекса Республики Калмыкия. / Э.Б. Дедова, А.А. Дедов, В.И. Иванова, Т.Н. Манджиева // Основные результаты научных исследований института за 2018 год. Сб. научн. тр. -М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019, с.64-73

11. Кизяев, Б.М., Исаева, С.Д. Водообеспеченность Российской Федерации в условиях глобального потепления климата. [Текст] / Б.М. Кизяев, С.Д. Исаева / Вестник Российской академии наук. 2016.-Т.86.-№ 10-С.909-914

УДК 502/504:551.585

ОЦЕНКА НЕСТАЦИОНАРНОСТИ И ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЕМЕНТОВ ВОДНОГО БАЛАНСА РЕЧНОГО БАССЕЙНА НА ПРИМЕРЕ ВОЛГИ

Г.Х. Исмайылов, Н.В. Муращенкова
ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Водные ресурсы в целом количественно выражаются функциями параметров климатической системы. Поэтому решение задачи по оценке (прогнозу) межгодовой и сезонной изменчивости элементов водного баланса (ЭВБ) речного бассейна должны базироваться на возможных изменениях параметров климатической системы как глобального, так и регионального. Поэтому оценка изменения водных ресурсов и, прежде всего, пресных вод должна базироваться на двух принципах: во-первых, на описании возможных изменений глобального и регионального климата, и, во-вторых, на использовании физически обоснованной,

поддающейся верификации зависимости речного стока от определяющих его климатических факторов. Таким образом, становится очевидным, что одной из основных задач гидрологической науки XXI века является оценка возможных изменений речного стока в зависимости от факторов климатической системы.

В связи с вышесказанным основной целью данного доклада является, во-первых, ретроспективный анализ закономерностей межгодовой и внутригодовой изменчивости речного стока на примере реки Волги применительно к условиям климата и хозяйственной деятельности в ее бассейне на протяжении XX века, во-вторых, разработка взаимосвязи речного стока бассейна реки Волги с определяющими его такими климатическими факторами, как атмосферные осадки, суммарное испарение с поверхности суши и температура подстилающей поверхности речного бассейна.

В настоящее время существуют две концепции оценки возможных изменений речного стока, как следствие, оценки состояния поверхностных вод в будущем.

Согласно **первой концепции** в основе формирования речного стока лежит представление о его стохастической (вероятностной) природе. Это позволяет применить вероятностное описание закономерностей пространственно-временной изменчивости речного стока с использованием гидрометеорологических данных наблюдений. При этом выявленные закономерности распространяются и на будущий период. Такой подход подразумевает стационарность процессов формирования речного стока и, как следствие, возможность вероятностного предвидения его характера и параметров в обозримом будущем.

По заключению Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) будет повышаться в течение XXI столетия как глобальная температура воздуха, так и температура воздуха в разных регионах страны. Как следствие ожидаемого потепления климата будут происходить изменения водных ресурсов и водного режима рек.

Кроме того, изменения климатических условий неизбежно приведут, а, возможно, уже и привели, к изменениям гидрологических характеристик речных бассейнов, в частности, притока речных вод к основным гидроузлам крупных рек России, в том числе к гидроузлам Волжско-Камского каскада водохранилищ.

Следует отметить что, по мере удлинения рядов инструментальных наблюдений тех или иных гидрометеорологических характеристик и, в частности, характеристик речного стока становится все более заметной пространственная и временная неоднородность, свойственная отдельным отрезкам исходных временных рядов. При этом пространственная неоднородность обусловлена, главным образом, ландшафтной пестротой поверхности земли, а временная формируется преимущественно под влиянием нестационарности внешних воздействий на климатическую и гидрологическую системы, в том числе радиационных (колебания инсоляции, создаваемые эффектами орбитального движения Земли вокруг Солнца), гравитационных (лунные и солнечные приливы, прямые и косвенные воздействия других планет) и антропогенных. Анализ фактических данных показал, что временные ряды климатических и гидрологических характеристик содержат циклы колебаний, характеризующиеся некоторой повторяемостью, но

различающиеся по своим параметрам, что формирует **вторую концепцию,** включающую в себя антропогенно-обусловленное (нестационарное) изменение речного стока. Таким образом, в целом для всех временных рядов климатических и гидрологических характеристик характерна полицикличность (изменчивость в разных временных диапазонах), нестационарность и отсутствие монотонности.

Для оценки изменения в будущем водных ресурсов России и ее отдельных речных бассейнов необходим на первом этапе сопряженный ретроспективный анализ таких элементов водного баланса как атмосферные осадки, суммарное испарение, речной сток и бассейновые влагозапасы, и на этой основе построение прогнозных уравнений, позволяющих дать оценку межгодовой и сезонной (весеннее половодье и межень) изменчивости стока в первой половине XXI века. При этом для осуществления сопряженного анализа ЭВБ необходимо иметь достаточно длительные временные ряды наблюдений. В настоящее время имеются длительные временные ряды наблюдений за атмосферными осадками и речным стоком, что нельзя сказать про суммарное испарение и изменение бассейновых влагозапасов.

Наиболее достоверно определяемым ЭВБ речного бассейна, независимо от его пространственных масштабов, является **речной сток.** Хотя формирование речного стока происходит в различных по физико-географическим условиям, масштабам и направленности антропогенного воздействия участках водосбора, его интегральная характеристика, измеряемая в замыкающем створе, оценивается для годового отрезка времени достаточно надежно, с точностью до 5-10%. Наряду с речным стоком, по результатам инструментальных наблюдений оцениваются и **атмосферные осадки**, определяющие величину и характер увлажнения речного бассейна. Однако, если речной сток является интегральной характеристикой, то осадки измеряются в отдельных точках водосбора, в связи с чем при воднобалансовых исследованиях необходима процедура их осреднения для всей площади речного бассейна за рассматриваемой отрезок времени.

Гораздо большие трудности связаны с определением **суммарного испарения,** что связано, прежде всего, с отсутствием достаточно надежных методов инструментального измерения испарения. Существующие приборы (почвенные испарители, испарительные бассейны и др.) хотя и позволяют непосредственно измерять испарение с суши и водной поверхности, но вследствие конструктивных особенностей вносят те или иные погрешности в измеряемые величины. Кроме того, сеть таких испарителей ограничивается немногочисленными воднобалансовыми и агрометеорологическими станциями, которые к тому же не могут обеспечить измерение испарения для всего спектра испаряющих поверхностей, существующих в пределах даже относительно малого речного бассейна, а тем более крупных [3].

Одним из наиболее трудно определяемых ЭВБ является изменение бассейновых влагозапасов (ΔV). В общем случае ΔV представляет собой алгебраическую сумму изменения запасов воды в снежном покрове (ΔV_{sn}), наледях, ледниках и многолетних снежниках (ΔV_{l}), в озерах и водохранилищах (ΔV_{oz}), в болотах (ΔV_{b}), в русловой сети (ΔV_{rr}), в зоне аэрации (ΔV_{ae}) и в водоносных слоях, дренируемых речной системой (ΔV_{gr}), т.е.

$$\Delta V = \Delta V_{sn} + \Delta V_{l} + \Delta V_{oz} + \Delta V_{b} + \Delta V_{rr} + \Delta V_{ae} + \Delta V_{gr} \qquad (1)$$

Единственно возможным методом оценки изменения бассейновых влагозапасов для крупных речных бассейнов является оценка их как остаточного члена уравнения водного баланса, который кроме того, берет на себя и все погрешности определения других ЭВБ:

$$\Delta V = Vн - Vк = R + E - P + \varepsilon \qquad (2)$$

где: $Vн$ и $Vк$ – соответственно начальный и конечный объем бассейновых влагозапасов за расчетный период времени, R – речной сток, E – суммарное испарение с поверхности речного бассейна, P – атмосферные осадки, ε – невязка, обусловленная погрешностями измерения и расчета отдельных ЭВБ.

В связи с этим оценка таких ЭВБ как испарение и изменение бассейновых влагозапасов остается одной из важнейших проблем гидрологии и в XXI веке. Поэтому в рамках данной работы представим основные положения методики оценки годового и сезонного (за периоды весенного половодья и межени) суммарного испарения с поверхности речного бассейна и изменение бассейновых влагозапасов за многолетний период с использованием лишь наиболее достоверно определяемых данных по речному стоку и атмосферным осадкам [1,2].

Запишем уравнение водного баланса речного бассейна вида:

$$P_i + Vн_i = R_i + E_i + Vк_i, \qquad (3)$$

где: $P_i, R_i, E_i, Vн_i, Vк_i$ - годовые осадки, речной сток, суммарное испарение, начальный и конечный объем бассейновых влагозапасов за расчетный период времени соответственно.

Тогда изменение бассейновых влагозапасов за расчетный период времени:

$$\Delta V_i = Vн_i - Vк_i, \qquad (4)$$

Если $\sum_{i=1}^{n \to N} \Delta V_i \cong 0 \;\Rightarrow\; \overline{P} = \overline{R} + \overline{E} \;\Rightarrow \overline{E} = \overline{P} - \overline{R}$, (5)

Определяем суммарное испарение с поверхности речного бассейна:

$$E_i = P_i + \Delta V_i - R_i, \qquad (6)$$

Бассейновые влагозапасы разделяются по их участию в формировании стока (ΔV_{Ri}) и испарения (ΔV_{Ei}):

$$\Delta V_i = \Delta V_{Ri} + \Delta V_{Ei}, \qquad (7)$$

В случае, когда известны только атмосферные осадки (P_i) и речной сток (R_i), то возможно установить их эмпирическую зависимость и определить расчетные значения стока [R_i], а затем и значения влагозапасов, участвующих в формировании стока [ΔV_{Ri}].

$$R_i = f(P_i) \Rightarrow [R_i] = aP_i + b, \text{ при } \sum_{i=1}^{n \to N} \Delta V_i \cong 0 \quad (8)$$

$$\Delta V_{Ri} = R_i - [R_i], \quad (9)$$

Если наблюдается зависимость между изменением бассейновых влагозапасов [ΔV_i] и влагозапасов, участвующих в формирование речного стока [ΔV_{Ri}], т.е.:

$$[\Delta V_i] = f([\Delta V_{Ri}]),$$

то расчетное значение суммарного испарения определим из уравнения водного баланса речного бассейна:

$$[E_i] = P_i + [\Delta V_i] - R_i, \quad (10)$$

Если наблюдается зависимость вида:

$$[\Delta V_{Ei}] = f([\Delta V_{Ri}], \Delta P_i)], \quad (12)$$

то расчетное значение суммарного испарения определим из уравнения водного баланса:

$$[E_i] = P_i - [R_i] + [\Delta V_{Ei}]. \quad (13)$$

Исходя из уравнения водного баланса речного бассейна (3) предположим, что $E_i = 0$, т.е. осадки формируют сток и влагозапасы бассейна.

Тогда

$$P_i + \Delta V_i = R_i,$$
$$\Delta V_{Ri} = R_i - P_i. \quad (14)$$

Аналогично, приняв $R_i = 0$, получим:

$$P_i + \Delta V_i = E_i,$$
$$\Delta V_{Ei} = E_i - P_i. \quad (15)$$

При одновременном протекании в бассейне процессов стока и испарения ($E_i \neq 0, R_i \neq 0$), уравнение водного баланса имеет следующий вид:

$$P_i + \Delta V_i = R_i + E_i,$$
$$\Delta V_i = \Delta V_{Ri} + \Delta V_{Ei}. \quad (16)$$

Принята гипотеза о существовании лишь одного «глобального» состояния равновесия гидрологической системы рассматриваемого речного бассейна, при котором осадки участвуют в равной степени в формировании стока и испарения [2]. При этом:

$$\left.\begin{aligned} R_i &= E_i \\ k_{Ri} &= k_{Ei} = 0{,}50 \end{aligned}\right\}, \qquad (17)$$

где: k_{Ri}, k_{Ei} - коэффициенты стока и испарения *i*-го года соответственно.

Тогда

$$\left.\begin{aligned} [V_{Ri}] &= R_i - [R_i], \\ [V_{Ei}] &= E_i - [E_i] \end{aligned}\right\} \qquad (18)$$

где:

$$\left.\begin{aligned} [R_i] &= [E_i] = 0{,}50P_i \\ [V_i] &= [V_{i,R}] + [V_{i,E}] \end{aligned}\right\}. \qquad (19)$$

Предложенная методика оценки суммарного испарения и изменения бассейновых влагозапасов на основе имеющихся многолетних инструментальных данных наблюдений за речным стоком и атмосферными осадками позволила получить временные ряды за период 1914/1915-2009/2010 гг. (*n*=96 лет) основных элементов водного баланса (речной сток, атмосферные осадки, суммарное испарение и бассейновые влагозапасы) по 11 частным водосборам бассейна р. Волги за период половодья, межени и года в целом.

Ретроспективный анализ временных рядов ЭВБ позволил разделить всю территорию речного бассейна Волги на четыре района: Верхняя Волга, Средняя Волга, р. Кама и нижняя Волга. При выделении районов исходим из условий стационарности основных статистических параметров ЭВБ, а также их внутрирядной и межрядной связей. Верхняя Волга включает частные водосборы Иваньковского, Угличского, Рыбинского и Нижегородского водохранилищ, Средняя Волга - частные водосборы Чебоксарского и Куйбышевского водохранилищ, р. Кама - частные водосборы Камского, Воткинского и Нижнекамского водохранилищ и Нижняя Волга - частные водосборы Саратовского и Волгоградского водохранилищ.

При исследовании нестационарности (стационарности) временных рядов ЭВБ речного бассейна приходим к необходимости выявления однонаправленных тенденций (трендов) во временных рядах речного стока и определяющих его климатических факторов. Для обнаружения наличия тренда нами использованы параметрические и непараметрические критерии: критерий Спирмена, критерий И.И. Поляка и коэффициент корреляции *R* между значениями временного ряда ЭВБ и порядковыми номерами членов этих рядов.

Результаты исследования показали, что при 5%-ом уровне значимости подавляющее число рядов ЭВБ бассейна р. Волги являются стационарными. Нестационарность же выявлена во временных рядах годового и меженного стока и суммарного испарения бассейна Средней Волги, в рядах меженного стока бассейна р. Камы и в рядах меженного стока и суммарного испарения бассейна р. Волги в целом (до г. Волгограда). Линейный тренд в ходе многолетних колебаний меженного стока за период XX века статистически значим (с 95% уровнем

надежности) и отличается от нуля. На этом основании можно сделать вывод о том, что в многолетних колебаниях меженного стока имеет место положительный статистически значимый линейный тренд, и поэтому рассматриваемые ряды наблюдений не могут рассматриваться как однородные, то есть отклоняется нулевая гипотеза однородности данных наблюдений.

Следующим шагом исследования нестационарности рядов ЭВБ бассейна р. Волги является оценка однородности (неоднородности) средних значений и дисперсий рассматриваемых временных рядов ЭВБ. Временные ряды ЭВБ разбивались на два периода различной продолжительности, для чего использовались разностные интегральные кривые ЭВБ. Для каждого периода определялись расчетные средние значения и дисперсии, по которым рассчитывались статистики критериев Стьюдента (t) и Фишера (F) [4]. Критические значения критериев Стьюдента (t_α) и Фишера (F_α) определялись при уровне значимости α=5%. Для бассейна р. Волги в целом неоднородность средних значений установлена для ряда годовых атмосферных осадков, речного стока и суммарного испарения, а также для стока и суммарного испарения меженного периода. В отношении дисперсий временных рядов годовых и сезонных элементов водного баланса бассейна р. Волги выполняется условие однородности. Для бассейна Верхней Волги подтверждена однородность средних значений и дисперсий практически по всем ЭВБ бассейна, кроме суммарного испарения меженного периода. Для бассейна Средней Волги характерна неоднородность средних значений годовых и меженного стока, годового и меженного суммарного испарения. При чем ряды годового суммарного испарения и ряды меженного стока и испарения неоднородны по их дисперсиям. Интересная картина выявлена в отношении бассейна р. Камы. Средние значения рядов годовых атмосферных осадков и речного стока неоднородны, также неоднородны средние значения атмосферных осадков и стока меженного периода. Дисперсии этих элементов для годового и сезонного суммарного испарения неоднородны, тогда как для остальных элементов выполняется условие однородности.

Для анализа и оценки межрядных связей годовых и сезонных элементов водного баланса бассейнов Верхней и Средней Волги, р. Камы и бассейна р. Волги в целом исследована структура межрядных связей ЭВБ. Анализ структуры показывает, что для зоны формирования ЭВБ в бассейне р. Волги (до г. Волгограда) наблюдается для периода весеннего половодья тесная корреляционная связь между атмосферными осадками и речным стоком, коэффициент корреляции (r) составляет 0,52. Коэффициент корреляции между эффективными осадками (разность «осадки – испарение») и речным стоком равен 0,79. Аналогичная тесная статистическая связь проявляется между этими же ЭВБ и для меженного периода (соответственно r = 0,71 и r = 0,93). Для этих же годовых элементов водного баланса - соответственно r = 0,66 и r = 0,93. Достаточно тесная связь обнаруживается и между атмосферными осадками и суммарным испарением в меженный период (r = 0,72). Аналогичная закономерность обнаруживается в межрядных связях ЭВБ и для выделенных водохозяйственных районов бассейна

реки Волги. Анализ внутрирядных связей ЭВБ показал, что обнаруживается умеренная связь между водностью речного стока смежных лет для годовых значений (r =0,50) и меженного периода (r =0,44).

В экстремальные по водности и увлажненности годы в периоды весеннего половодья и межени структура водного баланса не претерпевает значительных изменений. Однако некоторые ЭВБ, как например, речной сток, суммарное испарение и бассейновые влагозапасы имеют некоторое отличие в зависимости от расположения территории бассейна. Выделяются частные водосборы рек Камы и Нижней Волги. Например, доля речного стока изменяется для частных водосборов Нижней Волги от 0,01 до 0,02 (от нормы атмосферных осадков), тогда как для частных водосборов реки Камы эти изменения составляют от 0,08 до 0,20 (8-20 % от нормы осадков). Для суммарного испарения эти изменения более четко прослеживаются, так для частных водосборов Нижней Волги изменения происходят в диапазоне от 0,70 до 0,86 (70-86% от среднемноголетних атмосферных осадков), а для частных водосборов Верхней Волги – в пределах от 0,12 до 0,16 (12-16%). Следовательно, на фоне относительного постоянства структуры элементов водного баланса частных водосборов бассейна реки Волги, выделяется различие в структуре элементов водного баланса отдельных частных водосборов, что подтверждает справедливость выделенных четырех районов по условиям стационарности основных статистических параметров элементов водного баланса речного бассейна.

Список использованных источников

1. Исмайылов Г.Х., Федоров В.М. Межгодовая изменчивость и взаимосвязь элементов водного баланса бассейна р. Волги // Водные ресурсы, 2008. Т.35. №3. - С. 259-276.
2. Исмайылов Г.Х., Муращенкова Н.В. Оценка изменения и взаимосвязь элементов водного баланса бассейна реки Волги в условиях изменения климата / Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. №5, 2015. – ФГУП РосНИИВХ, Екатеринбург. - С. 4-17.
3. Бабкин В.И., Вуглинский В.С. Водный баланс речных бассейнов. Л.: Гидрометеоиздат, 1982. - 192 с.
4. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. М.: Наука, 1971. – 576 с.

УДК 502/504: 556.16

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВОДОХРАНИЛИЩ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО КАСКАДА

Г.Х. Исмайылов, А.В. Перминов
ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Актуальность и состояние проблемы. В условиях возрастающего антропогенного воздействия на природную среду в речных бассейнах на фоне изменяющейся общественно-политической ситуации совершенствование методологии управления формированием, использованием и воспроизводством природных вод приобретает общегосударственное значение. Лица, принимающие решения по обоснованию стратегии устойчивого экономического развития и сохранения

биоразнообразия, сталкиваются с серьезными противоречиями между социально-экономическими и экологическими системами, функционирующими в пределах водосборов речных бассейнов.

Решение проблемы водообеспечения хозяйства и населения при обязательном оздоровлении экологической ситуации наряду с организационно-правовыми аспектами во многом зависит от решения проблемы оптимального водопользования, включающей разработку комплексной методики обоснования стратегии управления водными ресурсами и механизмов реализации этой стратегии.

Следует отметить, что проблема рационального водопользования в бассейне р. Волги многоплановая, но в ней все же можно выделить две узловые задачи. Первая из них - оптимальное распределение водных ресурсов между основными участниками водохозяйственного комплекса (агропромышленный комплекс, промышленность, гидроэнергетика и др.) с учетом обеспечения устойчивости водных и околоводных экосистем.

Вторая задача - определение оптимальной структуры и параметров антропогенной нагрузки на естественные и культурные ландшафты в пределах водосбора, а также и на водные объекты.

Таким образом, общая постановка задачи оптимального водопользования в бассейне р. Волги потребовала, с одной стороны, построения модели управления водными ресурсами бассейна, а с другой, всестороннего анализа особенностей протекания ведущих природно-хозяйственных процессов в системе «атмосфера-водосбор-река-замыкающий водоем». Это стало возможным благодаря созданию и реализации имитационной модели функционирования Волжско-Камского каскада водохранилищ.

Основные результаты исследований.Осуществлена расширенная постановка задачи рационального использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Волги, обеспечивающих устойчивое функционирование экономики, благоприятные условия жизнедеятельности населения и экологическую безопасность территории и водных объектов.

Общую постановку задачи моделирования режимов работы Волжско-Камского каскада водохранилищ (ВКК) можно свести к нахождению оптимального (субоптимального) совместного режима всех водохранилищ каскада с удовлетворением гарантированных требований всех участников водохозяйственного комплекса.

В математической записи поставленная задача формулируется следующим образом: необходимо минимизировать функционал

$$\Phi\left(\vec{V},\vec{U},t\right)=\min\ \max\left|\frac{\sum_{t=1}^{t=T}\vec{U}_t-\vec{U}_{opt}}{\vec{U}_{opt}}\right| \qquad (1)$$

при выполнении условий:

$$\vec{V}=A\vec{W}+B\vec{U} \qquad (2)$$

$$\underline{\vec{V}} \le \vec{V} \le \bar{\vec{V}} \quad (3)$$

$$\vec{U} \ge 0 \quad (4)$$

при $t=0$, $\vec{V}=\vec{V}_0$, где $\vec{V}$ – вектор наполнения (объем водохранилища); $\underline{\vec{V}}=\bar{\vec{V}}$ – соответственно нижнее и верхнее ограничение объема водохранилища; $\vec{U}$ – вектор попусков из водохранилищ; $\vec{U}_t$ - вектор комплексных попусков в момент времени t, включающий в себя требования всех потребителей нижнего бьефа, в том числе и русла реки; $\vec{U}_{opt}$ – оптимальное значение попусков всех потребителей нижнего бьефа; $\vec{W}$ – вектор притока к водохранилищам; t – текущее время; A и B – матрицы системны х условий.

В такой постановке решение задачи управления режимами каскада водохранилищ в единой ВХС требует применения методов стохастического программирования. Учитывая это, для нахождения рациональных режимов функционирования системы водохранилищ с учетом неполноты исходной информации была построена имитационная модель. Отсюда задача управления объемами водных ресурсов каскада сводится к многокритериальной задаче принятия решений. Поскольку строгое решение такого рода задач, в основном по причине большой размерности, отсутствует, при моделировании нами были использован алгоритм максимального потока и принцип «справедливых уступок» [1], согласно которому в первую очередь максимально удовлетворяются требования основных водопользователей, но не более, чем это необходимо для их нормальной работы, одновременно контролируется состояние менее приоритетных групп водопотребителей. В случае, если их обеспеченность водными ресурсами становится ниже некоторого технологического минимума (при отсутствии резерва ресурсов в системе), производится их «подтягивание» до этого минимума путем ограничения более приоритетных потребителей, но не более чем на 20-30% от суммарного водопотребления в данный период времени. В случае, если обеспеченность водными ресурсами менее приоритетных потребителей достигает уровня технологического минимума, или выше его, проводится проверка возможности повышения ее до частного оптимума.

Для реализации имитационной модельного комплекса «IMIT-BALANS» были использованы результаты, полученные путем оценки многолетней изменчивости притока речных вод к водохранилищам гидроузлов Волжско-Камского каскада. В работе в основном будем останавливаться на результатах моделирования каскада водохранилищ Верхней Волги, включающего Иваньковское, Угличское, Рыбинское, Горьковское и Чебоксарское водохранилища [2, 3]. Соответственно, при анализе разностной интегральной кривой было установлено, что в хронологическом изменении стока рассматриваемого участка р. Волги отмечается последовательная смена периодов различной водности. Сделан вывод, что при определении субоптимальных режимов функционирования, рассматриваемой части ВКК, следует учитывать возможность появления не только отдельных крайне маловодных и многоводных лет, но и групп лет с низкой и повышенной приточностью. Учитывая сказанное, представляется наиболее рациональным

применять в имитационных экспериментах в качестве модельного годового стока и его внутригодового распределения фактический приток к гидроузлам системы.

С целью проведения машинно-имитационного эксперимента сформированы и исследованы следующие варианты различной водности: режим работы в условиях высокой водности с обеспеченностью Р=(1-20%), в условиях умеренно высокой водности Р=(20-40%), в условиях средней водности Р=(40-60%), в условиях умеренно низкой водности Р=(60-80%), в условиях низкой водности Р=(80-95%), в условиях аномально низкой водности Р=(95-99%) (Таблица 1).

Поскольку наибольший интерес для нас представляют годы с низким стоком, т.е. маловодные, для них было исследовано больше вариантов, включающих не только отдельные годы и двухлетия, но и трехлетия, когда велика вероятность затяжного маловодья.

Таблица 1 - Варианты для проведения экспериментов для лет различной водности

Высокая водность Р=(1-20%)	Умеренно высокая водность Р=(20-40%)	Средняя водность Р=(40-60%)	Умеренно низкая водность Р=(60-80%)	Низкая водность Р=(80-95%)	Аномально низкая водность Р=(95-99%)
1955 г. (Р=8%)	1929 г. (Р=34%)	1970 г. (Р=44%)	1948 г. (Р=78%)	1920 г. (Р=83%)	1937 г. (Р=98%)
1952 г. (Р=11%)	1985 г. (Р=22%)	1941 г. (Р=51%)	1950 г. (Р=74%)	1963 г. (Р=87%)	1937 г. (Р=98%)
1953 г. (Р=13%)	1986 г. (Р=29%)	1942 г. (Р=56%)	1951 г. (Р=75%)	1964 г. (Р=91%)	1938 г. (Р=95%)
-	-	-	1965 г. (Р=71%)	1971 г. (Р=82%)	1938 г. (Р=95%)
-	-	-	1968 г. (Р=64%)	1972 г. (Р=94%)	1939 г. (Р=96%)
-	-	-	1969 г. (Р=67%)	1973 г. (Р=92%)	1940 г. (Р=90%)

Величина суммарной регулирующей емкости Иваньковского, Угличского, Рыбинского, Горьковского и Чебоксарского водохранилищ составляет: полная– 41,2 км^3, полезная – 22,1 км^3. Полезная емкость каскада водохранилищ позволяет осуществлять суточное, недельное и сезонное регулирование стока, за исключением Рыбинского, которое выполняет многолетнее регулирование.

Основной задачей каскада водохранилищ на Верхней Волге в период половодья является накопление водных ресурсов с целью их использования в меженный период, а также участие системы водохранилищ в формировании дополнительных весенних попусков в нижний бьеф (НБ) Волжской ГЭС для обводнения нерестилищ и сельскохозяйственных угодий. В период летне-осенней межени главная функция Верхневолжского каскада гидроузлов заключается в использо-

вании водных ресурсов в интересах судоходства путем обеспечения гарантированных судоходных глубин в нижних бьефах ГЭС, а также в поддержании в нижних бьефах таких отметок, которые обеспечивали бы нормальную (бесперебойную) работу водозаборных сооружений и подачу санитарных и экологических попусков ниже по течению реки.

Далее приведены некоторые результаты анализа режима работы Верхневолжского каскада гидроузлов, состоящего из пяти водохранилищ, с использованием модельного комплекса «IMIT-BALANS».

Для анализа результатов моделирования в период *низкой водности* были выбраны маловодные годы: два года 1963/64-1964/65 гг. и три года – 1971/72–1973/74 гг. В эти годы, как видно из Рисунок 1, в весенний период наполнение Иваньковского водохранилища начинается с первой-второй декады апреля (от отметки предполоводной сработки 119,5 м) до регламентируемой отметки НПУ (124,0 м) на конец первой декады апреля или мая (в зависимости от водности года). Уровень НПУ поддерживается до конца мая – августа. Начиная с этого момента водохранилище начинает свою сработку, вплоть до установления к 1 апреля отметок 119,5 – 122,0 м в соответствии с обеспеченностью половодья следующего года. Согласно действующим ПИВР максимальная загрузка агрегатов Иваньковской ГЭС приходится на период половодья: наполнение водохранилища должно производиться избыточной частью весеннего притока над полной пропускной способностью ГЭС. Максимальная пропускная способность ГЭС при нормальном подпорном уровне, полной загрузке агрегатов и отсутствии холостых сбросов составляет для Иваньковского гидроузла 300 м³/с. Как показал эксперимент, наибольшие объемы попусков в НБ осуществляются в период весеннего половодья, максимальный сброс в Угличское водохранилище составил 1470 м^3/с в год 90%-й обеспеченности, в период летне-осенней межени в отдельные годы попуски снижаются до 15 м^3/с, а затем в зимние месяцы и в период предполоводной сработки увеличиваются до 225 м^3/с.

На водохранилище Угличского гидроузла во время половодья отметка НПУ=113,0 м устанавливается уже ко второй декаде апреля или к 1 декаде мая и с небольшими колебаниями поддерживается вплоть до уровня предполоводной сработки (УПС). К 1 апреля следующего водохозяйственного года уровень верхнего бьефа (ВБ) достигает отметки УПС=109,0 м. Так же, как и на Иваньковском гидроузле, самые высокие среднесуточные расходы подавались в НБ во время половодья, максимальный из них составил 2000 м^3/с, что не превышает суммарную пропускную способность гидротурбин Угличской ГЭС. Характер попусков в период межени можно оценить так: наблюдается снижение попусков до 30 м^3/с и во время предполоводной сработки емкости водохранилища сбросной расход составляет 300 – 600 м^3/с.

Весеннее наполнение водохранилища Рыбинской ГЭС происходит в апреле-мае, без достижения форсированного подпорного уровня, максимальная отметка наполнения ниже НПУ, она равна 101,6 м. К наступлению летне-осенней межени водохранилище начинает постепенно срабатываться и уже к началу зимнего периода достигает отметок 100,1 – 99,3 м. Уровень предполоводной сработки не

противоречит ПИВР и составляет при прогнозе маловодного половодья 98,21-98,81 м (в зависимости от режимных зон отдачи). До достижения максимальной отметки уровня ВБ сбросы в НБ назначались минимальными и составили от 200 до 500 м^3/с в зависимости от водности половодья. В течение лета-осени сбросы увеличиваются, а к предполоводной сработке достигают максимума 750 – 1250 м^3/с.

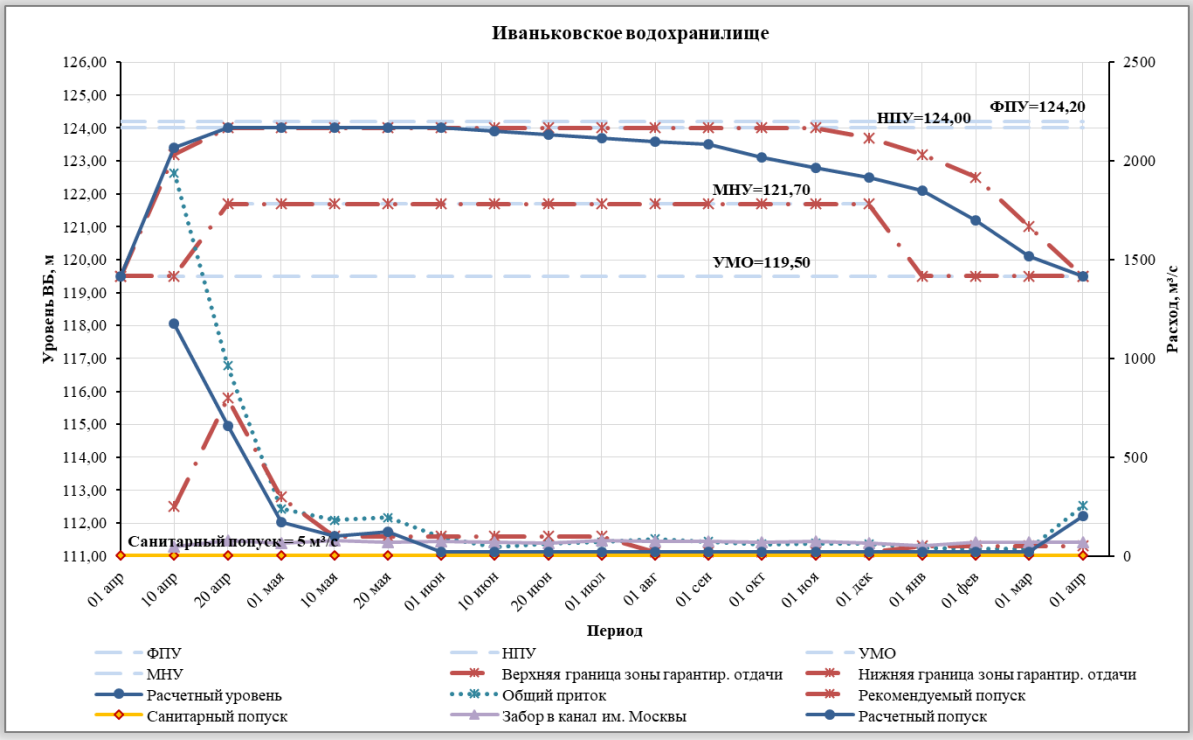


Рисунок 1 - Результаты имитационного эксперимента в период низкой водности, 1920/21 гг. ($p_{год\ Волги}$: 83% / $p_{год\ Верх.\ Волги}$: 93%)

Режим работы Горьковского водохранилища в период низкой водности можно описать следующим образом: наполнение во время весеннего половодья аналогично Рыбинскому водохранилищу происходит в апреле-мае, затем устанавливается отметка НПУ, которая поддерживается в течение всего половодья, а в отдельные годы и до конца летне-осеннего периода, и к концу летней межени – началу декабря начинает снижаться до МНУ=83,6 м. К 31 марта отметка верхнего бьефа равна 82,0 м, что позволяет подготовить водохранилище к наступлению следующего половодья. Сработки водохранилища ниже МНУ не зафиксировано. В нижнем бьефе Нижегородской ГЭС: в межнавигационный период сбросы составляли 640 – 1100 м^3/с, в период навигации – в диапазоне расходов 900 – 1100 м^3/с в зависимости от установившегося уровня воды в Рыбинском водохранилище. Рекомендации ПИВР не нарушались.

В годы *с аномально низкой водностью* в период судоходства уровни на водохранилищах каскада поддерживались в пределах призмы навигационной сработки, однако, в год с 98%-ной обеспеченностью на Рыбинском водохранилище с августа и до второй декады ноября потребуется сработка ниже МНУ в ВБ

(99,10-98,20 м) с целью обеспечения судоходных попусков ниже г. Городца величиной 640 м^3/с. Максимальные сбросы в НБ гидроэлектростанций в период половодья составили: на Иваньковском гидроузле – 1665 м^3/с, на Угличском – 3142 м^3/с, Рыбинском – 620 м^3/с, Горьковском – 2275 м^3/с, Чебоксарском – 6480 м^3/с.

Минимальные среднемесячные расходы в НБ гидроузлов каскада в межень не были ниже допустимых санитарных и минимальных попусков в НБ в межнавигационный период и составили: Иваньковское водохранилище – 12 м^3/с, Угличское – 30 м^3/с, Рыбинское – 400 м^3/с, Горьковское – 630 м^3/с, Чебоксарское – 970 м^3/с.

Стоит отметить, что во все исследуемые годы различной водности водопотребление промышленных и коммунальных предприятий, а также водоснабжение канала им. Москвы обеспечиваются полностью без перебоев.

Выводы

На сегодняшний день, при решении задач рационального использования водных ресурсов речного бассейна требуется учитывать не только интересы основных участников ВХС, но также необходим учет нестационарности гидрометеорологических, гидрологических и экономических процессов и сформировавшейся в стране новой общественно-политической ситуации.

В настоящей работе при исследовании новых режимов сработки и наполнения водохранилищ, работающих в каскаде, предлагается использование модельного комплекса «IMIT-BALANC» с применением принципа «справедливых уступок», который, как показал анализ результатов моделирования, позволяет в годы различной водности наиболее полно удовлетворить требования основных водопользователей бассейна реки с учетом особенностей формирования водных ресурсов в данном районе, тем самым способствуя улучшению социально-экологических и судоходных условий в бассейне реки. В свою очередь, это позволит обеспечить достоверной информацией лица, принимающие решения при назначении режимов регулирования стока Верхневолжского каскада водохранилищ.

Список использованных источников

1. Теория прогнозирования и принятия решений. Под ред. С.А. Саркисяна. М.: Высшая школа, 1977. 351 с.

2. Перминов А.В. Смирнова М.А., «Имитационное моделирование системы водохранилищ на примере Верхней Волги». Проблемы управления водными и земельными ресурсами. Материалы Международного научного форума. В 3-х ч. Ч. 1. Москва, 2015 г. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 482 с.

3. Смирнова М.А. «Оценка изменения гидрологических характеристик бассейна Верхней Волги при современном климате». Проблемы комплексного обустройства техноприродных систем: Материалы международной научно-практической конференции часть V Мониторинг водных объектов/ Московский государственный университет природообустройства. - 2013. - с. 218-225.

УДК 624.05:УДК 626.81/556.114

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ г. МОСКВЫ

Н.П. Карпенко, И.В. Глазунова
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н.Костякова», г.Москва, Россия

При эксплуатации открытых русел малых рек и ручьев, водоемов, очистных и других гидротехнических сооружений необходимо проводить мероприятия по охране водных объектов от загрязнения, истощения и засорения, при которых требуется применение различных сельскохозяйственных механизмов и специальных работ. Город Москва характеризуется протяженностью водосточных сетей свыше 7000 км, в рамках которых происходит развитие и усовершенствование ливневой канализации, в том числе и на новых присоединенных к Москве территориях. Для решения вопросов охраны водных объектов была разработана структурная схема классификации эксплуатационных и восстановительных работ для водных объектов (рис. 1).

Рисунок 1 - Структурная схема классификации эксплуатационных и восстановительных работ для водных объектов

Проведенные исследования по обследованию водных объектов позволили разработать классификацию работ по степени сложности их организации, по категориям работающих, вредным факторам и т.д. Все виды работ по обследованию водных объектов разделены на следующие категории: подводные работы; работы по эксплуатации габионных и фашинных сооружений, выполняемые с поверхности водоемов и открытых русел; работы на илососных машинах; аварийно-восстановительные работы, такие как монтаж наружных трубопроводов, устройство и эксплуатация дорог; работы по обходу и обследованию водопроводно-канализационной сети.

Объектом исследований являлся водоем малой реки Яуза. Река Яуза – левый приток р. Москвы, впадает на 174 км от устья. Длина реки 47,7 км, в том числе в пределах г. Москвы (внутри МКАД) – 27 км (56,6%) [1]. Площадь водосбора 450,52 км^2, в том числе в пределах г. Москвы 339 км^2 (76%). В истоках р. Яуза протекает в лесисто-болотной местности (в основном - на территории Лосиного острова) и далее протекает через г. Мытищи. Застроенность водосбора составляет 14% по площади, в пределах города в среднем составляет 53%. На рисунке 2 показана историческая схема гидрографической сети бассейна р. Яузы (данные института Мосводоканалниипроект).

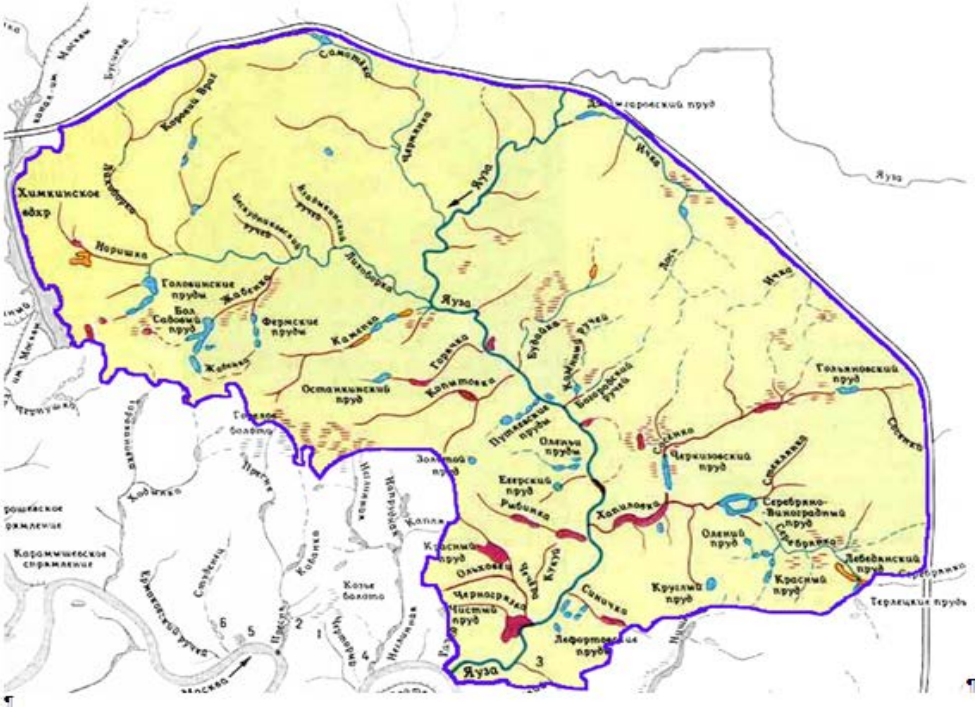


Рисунок 2 - Схема гидрографической сети бассейна р. Яузы (в пределах МКАД)

При проведении эксплуатационных и восстановительных работ на реке были выявлены сотрудники с классом опасности 3.2, однако количество сотрудников с классом опасности 2 сократилось в три раза (рис. 3).

При выполнении эксплуатационных и восстановительных мероприятий выполнен анализ и дана оценка объемов, стоимости и эффективности необходимых мероприятий, на основании чего были рекомендованы объемы водоохранных мероприятий при максимальной эффективности 80% для рассматриваемого

участка малой реки длинной 27 км. Рассмотрены и рекомендованы следующие эксплуатационные и восстановительные мероприятия, а также технические средства и технологии (табл.1).

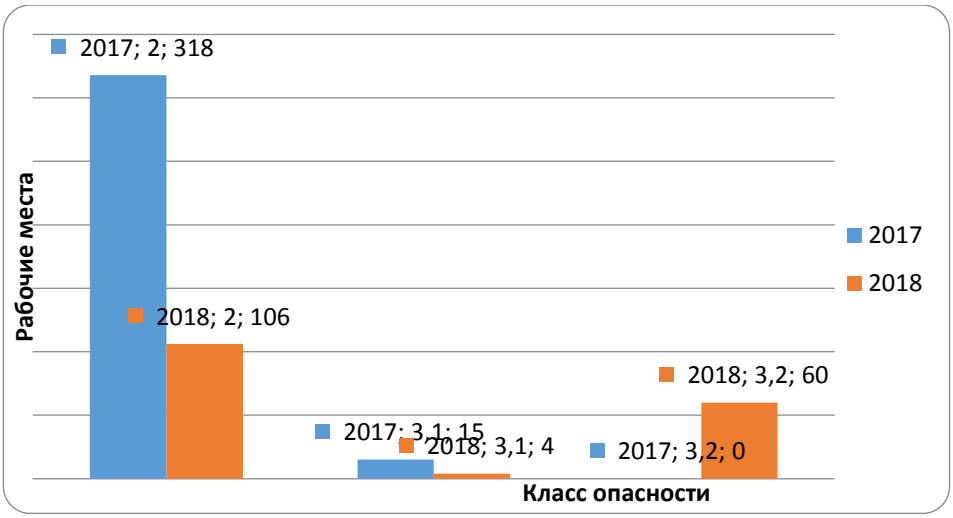


Рисунок 3 - Диаграмма изменения количества рабочих мест по классам опасности

Таблица1 – Организация проведения эксплуатационных и восстановительных мероприятий на участке реки Яуза

Мероприятия	Стоимость, млн. руб.	Объемы	Ед. изм.	Периодичность выполнения	Технология
Расчистка русла от крупноразмерного мусора, сухостоя, топляков, местных насосов с частичным берегоукреплением	94,5	7	км	1 раз в 2 года	Вручную санитарная вырубка и уборка погибших деревьев и кустарников, теплоход- мусоросборщик
Восстановление коллектора	424,3	19	шт	1 раз в 10 лет, или по мере разрушения коллектора	Грузовой транспорт, лебедка, вручную
Берегоукрепление	16,2	7	км	ежегодно	Плав. кран, катер
Дноуглубление	938,4	1270	тонн	ежегодно	Плав. кран, катер, земснаряд
Изъятие ила из коллекторов с их восстановлением	424	2 237, 52	м3	1 раз в 15 лет, или по мере заиления	Каналоочистительные машины, илосос

Увеличение глубины на участке реки Яуза от моста Березовой аллеи до Краснобогатырского моста решает следующие задачи: увеличение сечения водного потока для прохождения больших объемов воды при паводках в пределах речного русла; очистка многолетних донных отложений, чтобы снизить опасность вторичного загрязнения воды; дополнительная очистка водоемов от растительности и мусора; организация удобных подходов к реке.

Операции по увеличению глубины дна были разделены на две группы: эксплуатационные – для очистки водоема от всех типов загрязнений и капитальные– для возведения гидротехнических конструкций. В обоих случаях дноуглубление рек подразумевает под собой механизированную выемку грунта, но разной интенсивности и масштабности. Работа проводится в несколько этапов:

- проверка реальной глубины объекта, определение амплитуды ее перепадов;
- обследование зоны накопления грунта и отложений;
- расчет обрабатываемой площади объекта;
- выбор техники для выполнения операции.

Для проведения дноуглубления в 2008 году ГУП «Мосводосток» использовал руфулерный земснаряд и плавкран «ПК-141», буксирные катера «Орион» и «Юпитер» с двумя шаландами вместимостью 40 куб. метров каждая. Это оборудование работает следующим образом: сначала донный грунт разрыхляется, затем он всасывается специальными насосами и выбрасывается на берег. Процесс продолжается ровно до тех пор, пока не будут достигнуты нужные параметры глубины дна. Расчетный рекомендованный объем составляет 26445 $м^3$/год, т.е. при плотности речного ила 1,6 тонн/$м^3$ составляет 46,875 тонн ила с 1 км реки, или 1270 тонн для рассматриваемого участка. Укрепление береговой линии выполняется с целью защиты водного объекта от дальнейшего заиливания и обмеления.

Вода размывает прибережный грунт и разрушает земляной покров, что способствует затоплению прилегающих участков или сооружений, расположенных на них. При защите береговой линии рекомендованы следующие мероприятия:

•противоэрозионная сетка – корневой системой фиксируется на земле, укрепляя растительный слой;

•шпунтовые сваи – шпунты из композитов и ПВХ выстраивают плотной стенкой, которая отделяет водный объект от берега;

•габионы – короба из двойной сетки заполняются камнем и устанавливаются по краям береговой линии;

•деревянные сваи – прибережная зона обрамляется оцилиндрованными бревнами из твердой древесины;

•высадка специальных видов растений (белая полевица, красная овсяница, мятлик и др.), которые уменьшают активность эрозионных процессов.

Сведение нежелательной растительности на прилегающих к реке территориях сводится к борьбе с разрастанием клена остролистного, так как данный вид клена уничтожает прибрежные растения, которые росли перед его появлением.

По длине реки располагаются подпорные коллекторы (на рассматриваемом участке 19 шт.) железобетонные, прямоугольного профиля, максимальная площадь дренирования до 2 $км^2$. Обследование состояния и необходимое восстановление коллекторов рекомендуется проводить с периодичностью один раз в 10 лет, или по мере разрушения коллектора, выявленного при ежегодном обследовании территории с целью уборки мусора.

При паводковом периоде и интенсивных дождевых осадках уровень воды в подпорных коллекторах практически совпадает с урезом воды основного русла, это фактор так же вызывает поднятие уровня в коллекторе. Изъятие ила из коллекторов проводится с периодичностью 1 раз в 15 лет или по мере заиления, выявленного при ежегодном обследовании территории с целью уборки мусора [1,2].

Расчистку русла рекомендуется проводить 1 раз в 2 года. Для удобства сбора мусора рекомендовано устраивать боновые заграждения. На участках реки с судоходной глубиной используются катера с ковшевым навесным оборудованием. На остальных участках рекомендован речной сбор мусора с берега с последующей погрузкой на грузовой транспорт с применением лебедок и подъемных кран-ном на небольших грузовиках.

Варианты комплексной реконструкции приведены для участка реки (от ул. Докукина д.11, стр. 2 до Ростокинского проезда вл. 2). На рисунке 4 представлены результаты расчетов для разных вариантов комбинированной реконструкции русла [3].

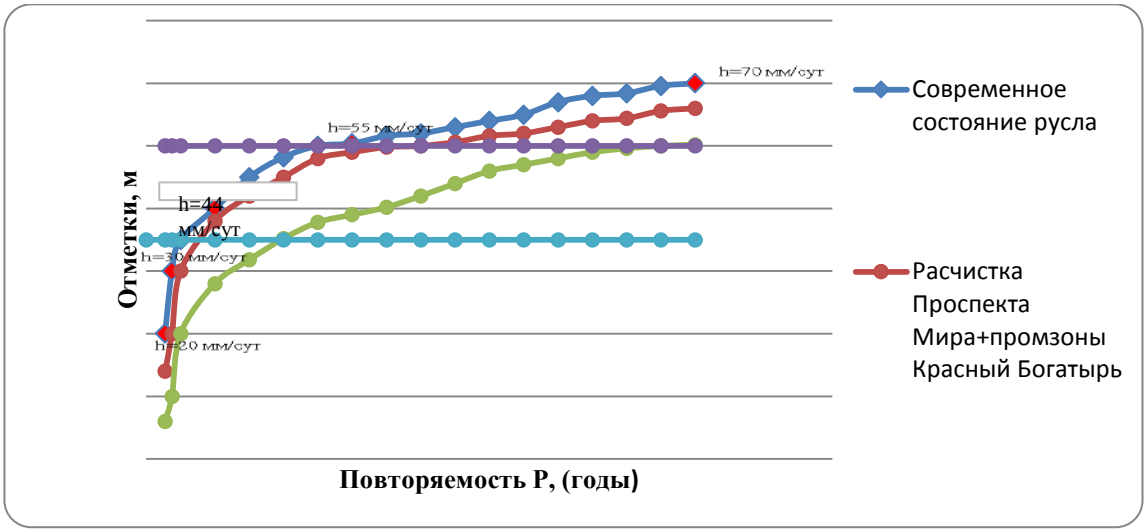


Рисунок 4 - Повторяемость затоплений при комплексных реконструкциях

Таким образом, проведенные исследования показали, что наиболее эффективным мероприятием по предупреждению затоплений является полная реконструкция, которая обеспечивает коренное улучшение по сравнению с существующим состоянием русла, более низкие уровни воды во всех сечениях реки, снижение повторяемости всех «критических» уровней под мостом на Проспекте Мира минимум в 3…4 раза, а также наибольшие скорости течения и, соответственно, отсутствие осаждения размываемого материала, переносимого сверху по течению. Оценена эффективность рекомендуемых мероприятий по уменьшению опасности затопления, которая составила 80%, а также по снижению загрязняющей нагрузки на реку 90% [2]. Даны технологические рекомендации по проведению каждого вида водоохранных мероприятий с указанием периодичности, объемов используемого оборудования и материалов.

Список использованных источников

1. Карпенко Н.П. Комплекс мероприятий и методов по обеспечению безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений. –Труды XXIII международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем», декабрь 2015г.– М.: РГГУ, 2015 – С. 440–444.
2. Карпенко Н.П. Оценка взаимосвязи поверхностных и подземных вод малых рек Московской области для решения проблем экологической реабилитации водных объектов. – Материалы международного научного форума «Проблемы управления водными и земельными ресурсами». – Москва, 30 сентября 2015. Часть 1. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2015. – С. 3-12.
3. Реабилитация реки Яуза на территории городского округа Мытищи http://www.mosoblduma.ru/Press_centr/news/item/64857(дата обращения 28.08.2019).

УДК 502/504:631.6

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИТУАЦИИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ШУ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Л.В. Кирейчева[1], А.Т. Козыкеева[2], Ж.С. Мустафаев[2], С.Д. Даулетбай[3]
[1]ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Москва, Россия;
[2] НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан;
[3]Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Актуальность проблемы. Важнейший аспект устойчивого развития Казахстана - эффективность использования водных ресурсов трансграничных рек, так как основные водные ресурсы формируются за пределами страны. В связи с получением суверенитетов республиками Центральной Азии изменилась геополитическая ситуация, административные границы между отдельными советскими республиками трансформировались в межгосударственные, в результате чего бассейны многих рек оказались на территории разных государств, проводящих собственную стратегию использования водных ресурсов. В связи с этим при использовании и охране трансграничных водных объектов государств Центральной Азии остаются нерешенными многие вопросы, определяемые трансграничным характером водных бассейнов.

Типичный в этом отношении трансграничный бассейн реки Шу, расположенный в пределах Кыргызской Республики и Республики Казахстан, где существенно изменилась эколого-географическая ситуация на приграничных территориях: управление и охрана трансграничных водных ресурсов привели к возникновению комплекса проблем использования водных ресурсов, а также к связанным с ними вопросам управления экологическими рисками.

Важнейшим фактором развития экологических проблем в пределах трансграничного бассейна реки Шу является интенсивное хозяйственное освоение региона. Агропромышленное водопотребление в пределах речного бассейна Шу проявляет себя как мощный фактор, определяющий безвозвратные потери стока, а промышленное водоотведение - как опаснейший источник загрязнения.

Экологические проблемы, проявляемые в пределах трансграничного бассейна реки Шу, можно условно разделить на две группы. Первая группа, объединяющая проблемы, определяемые фоновыми природными условиями, характеризуется общностью пространства, то есть прямое управление ими не требует решений на уровне межгосударственных структур в силу глобального (с изменением климата) характера. Ко второй группе относятся экологические проблемы, определяемые природными и природно-техногенными процессами, реализация которых в пределах одного из субъектов приграничья способна привести к отрицательным последствиям в пределах другого. Общими в пределах рассматриваемых объектов являются проблемы маловодья, истощения водно-биологических ресурсов и загрязнения поверхностных вод, и на их основе их можно более подробно остановиться на факторах, определяющих экологические проблемы трансграничного бассейна реки Шу.

Цель исследований – на основе системного анализа многолетних материалов по использованию земельных и водных ресурсов мелиорации сельскохозяйственных земель прогнозировать экологическую ситуацию водосбора реки Шу.

Материалы и методы исследования. На основе экологического районирования ландшафтно-географических зон оцен**нена** почвенно-экологическ**ая** обстановк**а** ландшафта или агроландшафта с использованием методологического подхода И.П. Айдарова и В.Х. Хачатурьяна [1], Ж.С. Мустафаева и А.Т. Козыкеевой [2], вытекающих из фундаментальных природных законов и, прежде всего, законов сохранения вещества и энергии, изменение которых вызвано антропогенными факторами. Антропогенные факторы зачастую оказывают негативные воздействия на человека, на условия его жизни и состояние здоровья.

Для оценки экологического состояния природной системы необходима обобщенная оценка спектра биологических откликов живого организма (человека) в ответ на воздействие загрязнителей внешней среды. Наиболее перспективным в этом отношении представляется принцип формирования обобщенных оценок спектра биологических откликов в ответ на воздействие загрязнителей внешней среды, разработанный Ж.С. Мустафаевым [3; 4] для количественной оценки экологической ситуации природной системы, предложенный на основе принципов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) (таблица 1).

Таблица 1 – Количественная оценка экологической ситуации природной среды

Индекс градации	Характер биологического отклика	Уровень опасности	$\overline{Э}_к$
0	Смерть	Чрезвычайно опасно	1.0
1	Наличие заболевания организма	Очень опасно	0.64-0.80
2	Наличие физиологических признаков болезней	Умерено опасно	0.48-0.64
3	Наличие физиологических и других сдвигов	Мало опасно	0.32-0.48
4	Появление химических веществ в органах и тканях, не вызывающих каких-либо сдвигов	Условно опасно	0.16-0.32
5	Отсутствие признаков неблагоприятного влияния	Неопасно	0.16

Наличие этих общих закономерностей позволяет проанализировать сложившуюся обстановку и тенденцию ее изменения в перспективе, а следовательно, наметить основные принципиальные пути решения проблем.

На основе предложенного методологического подхода оценки состояния природной системы, экологическое районирование ландшафтно-географических зон можно произвести по приведенным коэффициентам негативной реакции на техногенные воздействия ($NR-$ для человека; Πr - для среды обитания): $\overline{NR} = NR / NR\max$; $\overline{\Pi r} = \Pi r / \Pi r\max$.

Величина $\overline{NR}$ и $\overline{\Pi r}$ изменяется от 0 до 1, причем возрастание коэффициентов свидетельствует об ухудшении ситуации.

Приближенные зависимости для оценки этих параметров имеют вид [1]:

$$\overline{NR} = \left(\sum_1^i \overline{D}i \cdot q_X\right)\sum_1^i E_i(r); \quad \overline{\Pi r} = \left(1 - \frac{\overline{D}bb}{\overline{D}pb} + q_X\right)\sum_1^i \beta^* \overline{E}i(k) \quad ,$$

где: $\overline{D}i$ - включает заражение воздуха дефолиантами, использование подземных вод, загрязненных ядохимикатами, на питьевое водоснабжение и ухудшение качества воздуха при наличии в зоне техногенных выбросов от промышленных объектов; $\overline{D}pb$ - использование на орошение речных вод; $\overline{D}bb$ − использование на орошение возвратных вод; $\overline{E}i$ - частные параметры ухудшения свойств компонентов (для человека это - динамика болезней, связанных с потреблением загрязненной воды и заражением воздуха - $\overline{E}i(r)$, для почвы и сельскохозяйственных культур – содержание в почве токсичных солей, для грунтовых вод – повышение их минерализации и уровня - $\overline{E}i(k)$; β^* - поправочный коэффициент (для почв и грунтовых вод $\beta^* > 1$, сельскохозяйственных культур $\beta^* = 1$); q_X - интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в почвы и грунтовые воды.

Величины $\overline{E}i(k)$ оцениваются по формуле: $\overline{E}i(k) = F_O(k) / F_i(k)$,

где: $F_O(k)$ и - площади, характеризующие свойства компонентов (засоление, уровень грунтовых вод и др.) природной системы соответственно в t_i и t_o.

Интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в грунтовые воды ($q_X^{\partial в}$) и в почву (q_X^n) оцениваются по эмпирическим зависимостям [1]:

$$q_X^{\partial в} = 1 - q_X^n; \quad q_X^n = \exp\left[-(\alpha \cdot \overline{g} + 1 / R_{\phi}\right],$$

где: α - постоянная, зависящая от вида ядохимикатов; $\overline{g}$ - интенсивность инфильтрационного питания (в долях от нормы); R_{ϕ} - инфильтрационное сопротивление.

Оценку экологического состояния объекта приближенно можно выполнить, используя имеющуюся проработку [1], по зависимости:

$$\overline{Э} = 1 - q_X^n = 1 - \exp\left[-(\alpha \cdot q_W + p_i\right] ,$$

где: p_i - параметр, характеризующий комплекс природных условий.

Результаты исследования. Экологическое состояние ландшафтов в зависимости от высотной отметки поверхности земли бассейна реки Шу во временном масштабе представлено в таблице 2 и составленная на их основе карта-схема экологического районирования показывает, что их постепенное ухудшение тесно связано с усилением антропогенной деятельности человека [5-9].

Таблица 2 - Экологическое районирование бассейна реки Шу

№	Показатели	Природные зоны и ландшафтные катены			
		горный (элювиальная)	предгорный (трансэлювиальная)	предгорный равнинный (трансаквальная)	равнинный (супераквальная)
В естественных условиях (1920 г.)					
1	Общая площадь ландшафтов (F), млн. га	15.00	20.80	25.78	138.78
2	Площадь освоенных ландшафтов (F_O), тыс. га	-	2.08	2.57	13.88
3	Гидротермический коэффициент («индекс сухости» - $\overline{R}$	0.52-1.16	1.16-1.61	1.7-4.8	7.1-12.6
4	Интенсивность кругооборота воды ($\overline{g} = \exp(-1.5 \cdot \overline{R})$	0.2837	0.25160	0.03877	0.00005
5	Интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в почву (q_x^n)	0.5326	0.63780	0.91390	0.95120
6	Интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в грунтовые воды (q_x^c)	0.4674	0.36220	0.08100	0.04880
7	Доля освоенных ландшафтов ($E_{i(k)} = F_O / F$)	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001
8	Коэффициент негативной реакции человека на техногенные воздействия ($\overline{NR}$)	0.3200	0.16000	0.16000	0.32000
9	Коэффициент негативной реакции среды обитания на техногенные воздействия ($\overline{nr}$)	0.1600	0.16000	0.16000	0.16000
10	Оценка экологического состояния объекта - $\overline{Э} = 1 - q_x^n$	0.4674	0.36220	0.08100	0.04880
11	Объем сбрасываемых сточных вод в реку ($W_в$), км^3	0.000	0.000	0.115	0.327
12	Объем речных вод ($W_р$), км^3	0.851	1.328	1.151	1.637

№	Показатели	Природные зоны и ландшафтные катены			
		горный (элювиальная)	предгорный (трансэлювиальная)	предгорный равнинный (трансаквальная)	равнинный (супераквальная)
13	Доля объема возвратных вод, сбрасываемых в реку ($V_в$)	0.00	0.00	0.10	0.20
14	Минерализации возвратных вод ($C_в$), г/л	0.00	0.00	1.00	1.50
15	Степень ухудшения экологической обстановки ($\overline{Э} = 1 - \exp(-q_X^n \cdot C_в \cdot V_в)$	0.16	0.16	0.20	0.20
В антропогенных условиях (2018 г.)					
1	Общая площадь ландшафтов (F), млн. га	15.00	20.80	25.78	138.78
2	Площадь освоенных ландшафтов (F_O), тыс. га	-	33.10	69.35	39.42
3	Гидротермический коэффициент («индекс сухости») - $\overline{R}$	0.52-1.16	1.16-1.61	1.16-0.90	0.70-090
4	Интенсивность кругооборота воды ($\overline{g} = \exp(-1.5 \cdot \overline{R})$	0.28370	0.25160	0.35700	0.44930
5	Интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в почву (q_X^n)	0.53260	0.63780	0.67030	0.60650
6	Интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в грунтовые воды ($q_X^г$)	0.46740	0.36220	0.32970	0.39350
7	Доля освоенных ландшафтов ($E_{i(k)} = F_O / F$)	0.0000	0.0016	0.0026	0.0003
8	Коэффициент негативной реакции человека на техногенные воздействия ($\overline{NR}$)	0.3200	0.16000	0.62000	0.75000
9	Коэффициент негативной реакции среды обитания на техногенные воздействия ($\overline{nr}$)	0.1600	0.16000	0.52000	0.65000
10	Оценка экологического состояния объекта- $\overline{Э} = 1 - q_X^n$	0.4674	0.36220	0.32970	0.39350
11	Объем сбрасываемых сточных вод в реку ($W_в$), км^3	0.000	0.089	0.600	0.105
12	Объем речных вод ($W_р$), км^3	0.747	0.448	1.536	0.703

№	Показатели	Природные зоны и ландшафтные катены			
		горный (элювиальная)	предгорный (трансэлювиальная)	предгорный равнинный (трансаквальная)	равнинный (супераквальная)
13	Доля объема возвратных вод, сбрасываемых в реку ($V_в$)	0.00	0.20	0.40	0.15
14	Минерализация возвратных вод ($C_в$), г/л	0.00	0.90	1.80	2.90
15	Степень ухудшения экологической обстановки ($\overline{Э} = 1 - \exp(-q_x^n \cdot C_в \cdot V_в)$	0.16	0.44	0.56	0.97

Как видно из таблицы 2, коэффициент негативной реакции человека на техногенные воздействия ($\overline{NR}$) в период 1920 - 2000 гг. в горной зоне бассейна реки Шу не изменяется, а в равнинных зонах - от 0.1600 до 0.3200 и коэффициент негативной реакции среды обитания на техногенные воздействия ($\overline{nr}$) варьирует от 0.1600 до 0.6500.

Степень ухудшения экологической обстановки в речных бассейнах ($\overline{Э}_к$) в период 1920 - 2000 гг. в горной зоне не наблюдается, а в равнинной зоне изменяется от 0.2000 до 0.9700, что показывает сильное влияние антропогенной деятельности на состояние природной системы в низовьях бассейна реки Шу.

Таким образом, приоритетность природопользования и природообустройства в бассейне реки Шу в перспективе должна определяться на основе комплексной и многоплановой оценки природно-деятельностной системы для повышения уровня рационального использования водного и земельного ресурсов. При этом возможное преобразование природной системы в бассейне реки Шу во многом зависит от географического положения, способности ландшафта противостоять антропогенной нагрузке, целесообразности регулирования биологического и геологического круговоротов для поддержания экологического равновесия.

Представленные индикаторы и факторы, характеризующие природно-техногенное состояние, отражают наличие в бассейне реки Шу экстремальных ситуаций экологического характера, которые требуют сбалансированного решения в экономической, организационной, нормативно-правовой и научно-исследовательской сфере, а их трансграничный характер предъявляет особые требования к институциональным механизмам их обеспечения.

Важное место в решении трансграничных проблем международных бассейнов занимает академическая наука, участвуя в исследовании процессов формирования и использования водных ресурсов бассейна реки Шу, разработке моделей совершенствования управления водопользованием в изменяющихся геополитических, природно-климатических и социально-экономических условиях,

обеспечивающих разработку единой программы комплексного обустройства водосборов с учетом экологического состояния региона.

Список использованных источников

1. Карпенко Н.П. Комплекс мероприятий 1. Хачатурьян В.Х., Айдаров И.П. Концепция улучшения экологической и мелиоративной ситуации в бассейне Аральского моря // Мелиорация и водное хозяйство. - 1990. - №12. - С. 5-12; 1991. - №1. – С. 2-9.

2. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. О методике экологической оценки природной среды // Проблемы гидротехники и мелиорации земель в Казахстане / Труды КазНИИВХ. - Алматы: РНИ «Бастау», 1997. - С. 128-133.

3. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель.- Алматы: Гылым, 1997.-358 с.

4. Мустафаев Ж.С. Экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель.-Saarbrucken: Lambert Academic Publishing, 2016.- 378 с.

5. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Даулетбай С.Д. Моделирование функционирования водосборов бассейна реки Шу при комплексном обустройстве // Гидрометеорология и экология, 2014.- №2.- С.111-122.

6. Кирейчева Л.В., Козыкеева А.Т., Даулетбай С.Д. Комплексное обустройство реки Шу.- Saarbrucken: LambertAcademicPublishing, 2016. - 149 с.

7. Кирейчева Л.В., Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Даулетбай С.Д. Повышение экологической устойчивости водосборов бассейна реки Шу при их комплексном обустройстве // Международный научный журнал. – Москва, 2016.- №1.-С.47-52

8. Кирейчева Л.В., Козыкеева А.Т., Даулетбай С.Д. Оценка экологической устойчивости водосборов в бассейне реки Шу при их комплексном обустройстве //Международный научно-исследовательский журнал. - Екатеринбург, 2015. № 9 (40).-часть 3.-С. 23-26.

9. Козыкеева А.Т., Кирейчева Л.В. Даулетбай С.Д. Оценка экологической устойчивости водосборов бассейна реки Шу // Исследования, результаты.-Алматы, 2015. -№04(068).- С.125-132.

УДК 631.413.3

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ АГРОЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ (КЫЗЫЛОРДИНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Л.В.Кирейчева[1], Ж.С. Мустафаев[2], А.Т. Козыкеева[2], Л.К. Жусупова[3], К.Б. Абдешев[4]

[1]ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Москва, Россия;

[2] НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан;

[3]Кызылординский государственный университет им. Коркыт-Ата, г. Кызылорда, Казахстан;

[4]Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, Казахстан

Актуальность. Река Сырдарья берет начало при слиянии Нарына и Карадарьи. Нарын берет начало в юго-восточной части Семиреченской области из ледников и озер на высоких нагорьях (сыртах) Тянь-Шаня на высоте около 3 750 м над уровнем моря, а отметки устья реки Сырдарья вблизи Аральского моря, то есть на территории Кызылординской области около 181 м. Следовательно все геохимические потоки подземных вод, формирующихся на территориях Кыргыз-

стана, Таджикистана и Узбекистана направлены на территорию Кызылординской области в Казахстане. На территории области веками в естественных природных условиях формировались засоленные почвы. Природные вековые движения геохимических потоков совершали глобальные преобразования в низовьях реки Сырдарья через ритмы большого геологического круговорота воды и химических веществ. При проведении крупномасштабной мелиорации земель в низовьях реки Сырдарья, здесь были созданы крупные рисовые системы, требующие больших объемов водных ресурсов, что нарушило динамическое равновесие в состоянии природной гидрогеохимической системы, в несколько раз увеличив геологический круговорот химических веществ. В результате зона аэрации стала зоной аккумуляции солей и поверхностных вод [1,2].

Цель исследования - на основе систематизации и анализа информационно-аналитических материалов, характеризующих современный этап использования водных и земельных ресурсов в низовьях реки Сырдарья, обеспечивающих продовольственную безопасность региона, определить особенности функционирования агроландшафтных систем для обоснования и принятия решений на основе современных научных достижений в области природопользования.

Материалы и методы иследований. Для анализа современного состояния агроландшафтных систем в низовьях реки Сырдарья были использованы информационно-аналитические материалы «Кызылордаводхоз» и Департамента статистического управления Кызылординской области за период 2000-2015 гг. и методы системного анализа.

Площадь орошаемых земель Кызылординской области в сравнении с 1990г. (около 300 тыс. га) сократилась почти в два раза и в настоящее время составляет 145-155 тыс. га (таблица 1) в связи с интенсивным засолением и заболачиванием.

Таблица 1 – Площадь орошаемых земель Кызылординской области по районам (тыс. га)

Годы	Районы Кызылординской области							Всего
	Жана-курган	Шиели	Сырда-рья	Жала-гаш	Кар-макшы	Казалы	Арал	
2000	25.13	30.57	32.50	25.02	18.45	17.41	0.98	150.06
2001	24.64	24.62	33.02	27.35	18.87	17.15	0.89	146.54
2002	24.61	24.75	31.37	27.96	19.07	17.63	0.55	145.94
2003	25.69	26.03	37.62	30.32	20.00	18.06	0.56	158.28
2004	24.86	25.85	37.71	31.69	18.51	11.27	0.50	150.39
2005	24.77	29.33	37.05	30.87	20.57	15.89	0.76	159.24
2006	25.61	24.70	37.85	31.05	20.64	16.55	0.76	157.16
2007	26.99	23.93	37.64	31.07	19.19	16.61	0.55	156.54
2008	26.11	23.79	37.49	26.33	17.46	16.35	0.18	147.71
2009	25.09	22.70	40.20	27.30	18.05	17.58	0.59	151.51
2010	21.96	24.08	37.17	26.65	17.93	18.98	0.252	147.022
2011	29.37	23.51	33.69	25.40	19.14	19.15	0.232	150.49
2012	28.13	25.53	31.51	30.48	17.87	17.55	0.23	151.30
2013	21.92	25.89	29.20	30.31	17.95	17.70	0.235	143.205
2014	25.57	25.57	33.96	26.67	19.32	17.93	0.24	144.62
2015	27.08	27.08	34.12	28.14	20.62	17.61	0.253	160.059

При этом в основном сохраняется общий объем водозабора из реки Сырдарьи для орошения земель в пределах 2903.68-3558.48 млн. $м^3$ в год (таблица 2).

Таблица 2 – Водозабор (млн.$м^3$) и удельная водоподача ($м^3$/га) на орошаемых землях Кызылординской области по районам

Годы	Районы Кызылординской области							Всего
	Жана-курган	Шиели	Сырда-рья	Жала-гаш	Кар-макшы	Казалы	Арал	
1	2	3	4	5	6	7	7	9
2000	435.59 17330	508.52 15635	773.99 23815	574.38 22957	425.44 23059	429.97 24696	20.08 20489	3167.97 21111
2001	449.05 18224	423.03 17168	682.62 27726	591.32 21620	413.67 21922	324.79 13938	19.20 21573	2903.68 19815
2002	366.03 14873	313.00 12718	697.75 23192	616.03 19638	394.00 14092	333.10 17467	8.89 15163	2728.80 18698
2003	408.64 15906	470.00 13056	913.96 24294	727.51 23994	425.72 21286	321.06 17777	5.06 9036	3271.95 20671
2004	406.54 15353	485.93 13547	888.80 23569	764.41 24121	380.70 20567	235.64 20909	3.32 6640	3165.34 21048
2005	366.21 14784	490.14 13788	966.92 32967	794.99 25753	455.89 22162	294.93 18561	18.29 24065	3387.37 21272
2006	413.05 15128	482.20 13522	940.76 24854	818.68 26366	453.47 21970	372.55 22510	16.89 22224	3497.60 22255
2007	454.92 15855	484.50 20246	969.72 25763	811.62 25122	458.38 23886	377.32 22717	5.97 10854	3562.43 22757
2008	365.65 14004	340.00 14292	813.25 21692	691.45 25261	454.15 25927	339.19 20746	6.17 34278	3009.86 20376
2009	503.12 20052	369.95 15297	907.06 22563	750.89 27505	470.92 25090	396.40 22548	4.69 7349	3403.03 22461
2010	550.21 25055	430.00 17857	840.44 22610	770.08 23896	468.68 26139	374.68 13740	3.55 14087	3437.64 23382
2011	523.33 17818	415.50 17673	785.68 23321	734.47 23916	464.75 24282	386.30 20172	2.87 12371	3312.90 22014
2012	519.69 13474	376.73 14756	866.30 27492	760.40 24947	437.20 24466	390.28 22238	3.70 15087	3354.30 22167
2013	495.29 22595	400.45 15467	919.55 31491	874.74 28860	469.18 25138	395.94 22369	3.33 14170	3558.48 24811
2014	439.03 17205	435.80 17043	1003.06 23537	888.60 33318	528.05 27332	405.95 22641	3.64 15167	3704.13 25613
2015	411.17 15184	486.34 17959	1041.78 30533	887.64 31544	536.55 25021	402.86 22877	2.32 3170	3768.66 23545

Как видно из таблицы 2, удельные водоподачи на орошаемых землях в период 2000 - 2015 гг. достаточно высокие, колеблются в пределах от 12718 до 31544 $м^3$/га. При этом очень высокие оросительные нормы в районах Кызылординской области объясняются большой долей участия риса в структуре севооборота, что видно из таблицы 3. Площадь под рисом в период 2010-2015 гг.

составляет около 50% от общей площади орошаемых земель и оросительная норма риса за этот период колеблется от 21800 до 44640 м^3/га.

Таблица 3 – Площадь (тыс. га) орошаемых земель и оросительная норма риса (м^3/га) в Кызылординской области по районам

Годы	Районы Кызылординской области						Всего
	Жана-курган	Шиели	Сырда-рья	Жала-гаш	Кар-макшы	Казалы	
2002	6.00 38980	3.50 33220	12.75 35305	14.14 31340	9.20 34160	6.00 30870	52.59 34060
2003	7.18 35990	8.10 33180	20.84 33970	17.68 32030	9.55 37590	6.50 33750	69.85 33980
2004	7.15 43450	9.00 37960	19.88 36930	17.50 35690	9.10 34800	3.57 40980	66.20 37020
2005	7.43 30910	9.00 33310	20.29 33740	17.60 31240	10.48 30220	5.53 33650	70.24 32160
2006	7.61 36460	9.20 34950	20.58 33990	17.70 32170	10.59 30150	6.16 35000	72.14 33580
2007	7.87 45300	9.20 40000	21.16 38380	17.60 38600	10.85 38710	6.60 41150	73.28 39700
2008	8.04 45340	6.48 38460	21.14 35925	16.81 39000	11.38 38740	7.23 38400	71.08 38320
2009	5.86 47330	6.02 35900	17.49 36120	16.00 37570	10.29 40130	5.74 42290	61.40 38720
2010	10.04 38750	8.34 30760	20.81 31665	18.05 32280	11.42 31120	8.16 27650	76.82 32050
2011	9.54 38940	8.40 29350	21.86 29100	17.60 32700	12.01 29560	7.62 22300	77.03 30120
2012	8.69 25400	7.20 21810	21.70 24210	18.57 22410	11.59 24000	7.17 24420	74.92 23708
2013	7.94 44160	7.66 36250	20.04 39710	18.22 38950	12.23 36190	7.33 38980	73.41 39500
2014	7.79 44640	8.60 37480	22.89 41945	19.90 40560	14.07 36040	7.43 39540	80.69 34967
2015	7.513 45040	10.692 36880	22.89 43155	20.329 40980	15.065 34190	7.36 39430	83.849 39945

При этом за 15 лет, когда проводился системный анализ по использованию водных ресурсов в низовьях реки Сырдарья, самая низкая водообеспеченность рисовых систем наблюдалась только в 2012 г., а оросительная норма риса во всех районах Кызылординской области колебалась в пределах 21810-25400 м^3/га.

Площади и оросительные нормы сельскохозяйственных культур приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Фактическая площадь и оросительная норма некоторых сельскохозяйственных культур в низовьях реки Сырдарьи (Кызылординская область)

Годы	Фактическая площадь (га) и оросительная норма ($м^3$/га)						
	Рис	Овощи	Карто-фель	Бахча	Многолетние травы	Кукуруза	Прочие культуры
Жанакорганский район							
2002	6000 38980	390 11100	860 9930	390 10500	6920 6675	540 10200	9510 10000
2003	7180 35990	310 22550	870 12900	370 11110	8430 6640	400 12200	8130 11848
2004	7150 43450	200 17850	410 12220	920 12120	8370 3760	410 11150	7400 7124
2005	7403 30910	330 13350	600 8100	990 9210	8480 3390	370 8100	7065 7138
2006	7610 36460	430 3840	620 4310	1090 5660	8820 730	320 5270	6720 3348
2007	7807 45300	410 18660	580 12860	760 12850	11040 4660	330 11750	6000 9288
2008	8040 45340	230 19660	310 12400	1030 13550	12940 2905	210 12400	5530 7180
2009	5860 47330	350 19300	530 12340	780 12340	10910 6825	240 11280	4240 9930
2010	10040 38750	250 19680	50 12830	1220 11890	6760 3920	250 9720	3390 8716
2011	9540 38940	10 16000	10 9170	790 10720	7150 1840	20 10000	4320 5308
2012	8690 25400	650 10150	560 7000	1670 7000	11680 5920	510 6400	4370 5663
2013	7940 44160	10 17640	20 12170	940 12170	10800 9285	1830 4960	8160 10874
2014	7790 44640	110 17930	40 12320	780 11510	10210 5360	40 11140	2180 8978
2015	7513 45040	162 18620	43 12862	861 13756	9770 2920	131 11950	1565 10455
Казалинский район							
2002	6.00 30870	930 16230	870 16480	760 9000	5440 14220	200 10200	3430 11250
2003	6.50 33750	1010 15780	990 6780	850 8560	5520 8200	300 10370	2890 8180
2004	3.57 40980	740 17220	650 10740	740 7250	3860 11640	170 10960	1540 10237
2005	5.53 33650	700 10310	820 7370	740 4510	5910 17775	160 8060	1990 7408
2006	6.16 35000	770 15620	820 9840	810 6680	5880 8490	150 8670	1860 8397
2007	6.60 41150	770 16390	910 9430	920 6930	6280 9910	130 10390	900 7780
2008	7.23 38400	1010 16220	900 12160	900 9910	6380 7310	-	60 21565
2009	5.74 42290	1000 16260	970 10240	1220 6950	5700 10520	-	1440 8400

Годы	Фактическая площадь (га) и оросительная норма ($м^3$/га)						
	Рис	Овощи	Карто-фель	Бахча	Многолетние травы	Кукуруза	Прочие культуры
2010	8160 27650	1000 14340	1130 9030	1180 6670	5750 8670	500 9040	1250 6460
2011	7620 22300	1080 9260	1110 5850	1210 3970	5740 5630	750 5870	1650 4375
2012	7170 24420	1010 10150	1140 6400	-	5580 6175	500 6400	1340 3900
2013	7330 38980	950 16160	600 10180	1240 6870	4460 9835	1330 8200	3840 11925
2014	7430 39540	900 16440	500 10360	1230 7020	6190 2765	1000 10360	680 8165
2015	7360 39430	900 16370	300 10310	1050 7010	6695 9965	1050 10340	255 8480

При этом необходимо отметить, что в условиях Кызылординской области отсутствуют системы планирования и реализации водопользования на рисовых и других оросительных системах [3], что привело к стихийному назначению оросительных норм сельскохозяйственных культур с учетом фактических водных ресурсов в низовьях р. Сырдарья. Диапазоны колебаний фактических оросительных норм очень высокие, а также полностью отсутствует определенная зависимость между ними по годам и по сельскохозяйственным культурам.

Таким образом, формирование сельскохозяйственных угодий в низовьях реки Сырдарья происходит с нарушением основных принципов конструирования агроландшафтных систем, обеспечивающих эколого-мелиоративную устойчивость и стабильность природной среды и при существующих системах использования водных ресурсов для обеспечения функционирования агроландшафтов невозможно создать предпосылки для перехода к высокоэффективным агропромышленным комплексам в условиях Кызылординской области.

Список использованных источников

1. Мустафаев Ж.С., Пулатов К., Козыкеева А.Т., Мустафаева Л.Ж. Экологическая оценка природных систем в зонах бассейна Аральского моря (Аналитический обзор).- Тараз, 1997.- 80 с.

2. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Бассейн Аральского моря: прошлое, настоящее и будущее. - Тараз, 2012. -318 с.

3. Бурлибаев М.Ж., Достай Ж.Д., Турсынов А.А. Арало-Сырдарьинский бассейн: гидроэкологические проблемы, вопросы вододеления. - Алматы, 2001. -180 с.

УДК 502/504:551.48: 626.81: 627.81

НАДЕЖНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВОДНО - РЕСУРСНЫХ СИСТЕМ

В.И. Клёпов
ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Улучшение экологического состояния водных ресурсов в бассейнах рек, в соответствии с Водной стратегией России до 2020 года, необходимо. Известно, что управление водными ресурсами суши осуществляется прежде всего с помо-

щью водохранилищ. Несколько водохранилищ, функционирующих в единой системе, образуют водно-ресурсные системы (ВРС). Одной из таких ВРС, состоящей из нескольких водохранилищ, участков не зарегулированных рек, а также каналов, насосных станций и других гидротехнических сооружений является ВРС Московского региона. Эта система предназначена для устойчивого водообеспечения одного из крупнейших в России хозяйственного, культурного и научного центра, каким бесспорно является город Москва.

Водно-ресурсные системы стали такой же реальностью настоящего времени как электроэнергетические, транспортные, системы связи и другие большие техногенные системы. Термин водно-ресурсные системы относится к гидравлически связанным источникам водных ресурсов, а также средств управления и доставки этих ресурсов водопользователям. Опыт показывает, что самые крупные ВРС в мире используют в качестве источника водных ресурсов речной сток. Однако, как показали наши исследования [1], будущее за ВРС, которые основываются на совместном управлении ресурсами поверхностных и подземных вод.

Несмотря на значительное сходство в процессах создания и управления большими техногенными системами, ВРС имеют ряд особенностей. Стратегия развития и управления ВРС должна учитывать основное свойство речного стока - его изменчивость. Кроме того, эти системы являются одним из важнейших элементов окружающей среды. Как показывает опыт, эти факторы лежат в основе задачи по изучению гарантированной отдачи ВРС и надежности (расчетной обеспеченности) функционирования этих систем. Гарантированная отдача - это и устойчивое обеспечение водопользователей, и элементов социально-экономической сферы и гарантированное удовлетворение экологических требований.

Исследования по решению проблемы надежности ВРС были начаты работами С.Н. Крицкого, М.Ф. Менкеля [1], А.Л. Великанова [2,3] и других отечественных исследователей с обоснования расчетной обеспеченности гарантированной отдачи гидроэлектростанций (ГЭС), которые достаточно часто являются основополагающими элементами современных ВРС. В результате многолетних исследований были обоснованы характеристики расчетной обеспеченности отдачи ГЭС в зависимости от основных экономических, электроэнергетических и гидрологических условий. Один из выводов этих исследований состоит в том, что увеличение регулирующей способности водно-ресурсных систем приводит к повышению требований к их гарантированной отдаче. Это в свою очередь определяется гидрологическими закономерностями речного стока и экономической оценкой возможного дефицита водных ресурсов в маловодные периоды. В дальнейшем методические основы обоснования расчетной обеспеченности гарантированной водоотдачи удалось обобщить на более общий случай многоцелевого использования водных ресурсов.

Проблемы управления водными ресурсами больших систем водохранилищ рассмотрены в разных работах отечественных авторов. В качестве примера можно привести работу [4]. Ниже приведены основные направления изучения функционирования водно-ресурсных систем в России.

Имитационное моделирование водно-ресурсных систем. Из-за несовершенства экономических характеристик водопользования и прежде всего из-за отсутствия надежных исходных данных об ущербах водопользователей в результате дефицита водных ресурсов в периоды маловодья, даже самые строгие математические модели могут приводить к некорректным решениям. Результатом этого был переход к исследованию функционирования ВРС и к обоснованию их параметров с помощью имитационных математических моделей [2]. Впервые разработанная имитационная модель была апробирована, в том числе, при разработке правил управления водно-ресурсной системой Нижнего Дона, где возникла напряженная экономическая ситуация. В дальнейшем эта модель была существенно усовершенствована, и в настоящее время для анализа функционирования ВРС может быть использована имитационная модель, позволяющая получать на выходе статистические водохозяйственные характеристики - водоотдачу, изменение уровней воды в водохранилище, холостые сбросы, экологические попуски и т.д.

Одна из таких имитационных моделей используется при исследовании закономерностей функционирования ВРС Московского региона [3]. Разработанные и внедренные в практику управления водными ресурсами речных бассейнов имитационные модели позволяют решать наиболее актуальные водохозяйственные проблемы как в настоящее время, так и в обозримом будущем. Это относится и к задаче по обоснованию надежности ВРС и их экологической безопасности в научном и в практическом смысле. Наиболее полно результаты исследований по надежности функционирования ВРС многоцелевого назначения изложены в монографиях [2, 3].

Совместное использование поверхностного и подземного стока. К важным результатам исследований по проблеме надежности ВРС и их экологической безопасности следует отнести разработанную концепцию совместного управления ресурсами поверхностных и подземных вод. Эта концепция была реализована при разработке в ИВП РАН Целевой комплексной программы водоснабжения Москвы.

Суть этой концепции состоит в том [3], что поверхностные и подземные воды рассматриваются не как альтернативные источники водоснабжения, как это обычно практикуется в нашей стране, а как единый водный ресурс. Оптимальное управление этим ресурсом позволяет не только повысить гарантированную водоотдачу без снижения расчетной обеспеченности, но и уменьшить экологические риски как от снижения интенсивности использования ресурсов поверхностных вод, так и от перевода подземных вод в режим компенсации дефицита поверхностного стока в период естественных маловодных периодов. Для решения этой задачи была адаптирована разработанная имитационная модель и были выполнены расчеты по реализации предложенной концепции к совместному управлению Верхневолжским источником водоснабжения Москвы, объединенным с ресурсами подземных вод в данном регионе.

Совместное управление количеством и качеством водных ресурсов. К другим важным результатам по проблеме надежности ВРС и их экологической безопасности следует отнести разработанную концепцию и методические подходы

к совместному управлению количеством и качеством водных ресурсов в верхней части бассейна реки Москвы на основе сравнительного анализа количественных и качественных изменений водных ресурсов за соответствующие годы [5]. Для этого возможно посредством специальных попусков воды из водохранилищ выполнить в определенных условиях искусственную промывку русла реки. Промывку целесообразно проводить в периоды повышенной водности. Ввиду сложности такого процесса и риска нарушить существующие правила управления сложившейся системой водохранилищ осуществление такого мероприятия представляется целесообразным с использованием для этой цели метода имитационного моделирования.

Список использованных источников

1. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Водохозяйственные расчеты. - М.: Гидрометеоиздат, 1952. 392 с.

2. Великанов А.Л. и. др. Моделирование процессов функционирования водохозяйственных систем.М.: Наука. 1983.195 с.

3. Великанов А.Л., Клепов В.И. и др. Проблемы надежности при многоцелевом использовании водных ресурсов. М.: Наука, 1994. 224

4. Клёпов В.И. Проблемы управления водными ресурсами ВХС Московского региона. Водные ресурсы. - 1996. - № 5. с. 241 -245.

5. Клёпов В.И., Рагулина И.В. Управление количеством и качеством воды реки Москва для улучшения ее экологического состояния. Использование и охрана природных ресурсов в России. 2018, № 2.

УДК 502.656

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В РЕЧНЫХ ВОДАХ В БАССЕЙНЕ р. ЖАЙЫК

А.Т. Козыкеева, Ж.С. Мустафаев, А.Б. Арыстанова
НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан

Актуальность. Антропогенная нагрузка на водосборы бассейнов трансграничных рек постоянно увеличивается, что обусловлено ростом населения и развитием промышленных объектов, расположенных в зонах формирования поверхностного стока в речных бассейнах. Для эффективного управления экологическим состоянием таких бассейнов необходимо иметь многолетние информационно-аналитические данные, характеризующие их состояние как управляемой системы. При этом используют данные гидрологических, гидрохимических и гидробиологических наблюдений за водными объектами, а также данные обо всех существенных факторах влияния на их состояние с использованием методов комплексной оценки состояния природных систем, позволяющих оценить качество воды.

Объектом исследования являлась территория трансграничного бассейна реки Жайык (Урал), которая охватывает западный сектор российско-казахстанского приграничного региона, включает регионы Российской Федерации (Республика Башкортостан, Челябинская и Оренбургская области) и Актюбинскую,

Западно-Казахстанскую и Атыраускую области Республики Казахстан. Жайык - третья по длине река Европы (общая протяженность - 2428 км, из них 1084 км - на территории Казахстана) с площадью бассейна (включая бессточные районы) около 380 тыс. км^2. Территория бассейна ассиметрична: с правой стороны она в два раза меньше, хотя притоков как раз больше в этой части. Это связано с характером рек, впадающих в Жайык с разных сторон. Правые - большей частью горные притоки, а левые - в основном равнинные. Некоторые из них непостоянны, и воду до основного русла доносят только в половодье, а летом часто пересыхают. Самыми крупными левобережными притоками являются река Орь (площадь водосбора 18,5 тыс. км^2) и Илек (41,3 тыс. км^2, истоки в Республике Казахстан), правобережным - река Сакмара (30,2 тыс. км^2, исток в Республике Башкортостан) [1; 2].

В бассейне р. Жайык расположены крупные водохранилища - Верхнеуральское, Магнитогорское и Ириклинское. Полные объемы водохранилищ, расположенных в лесостепной зоне и на стыке лесостепной и степной зон, равны 0,60; 0,19 и 3,26 км^3 соответственно, что составляет 96 % общего объема водоемов всего бассейна Жайык [2].

Цель исследования - оценка геоэкологического состояния рек водосбора бассейна трансграничной реки Жайык на основе многолетних наблюдений с помощью гидрохимических и гидробиологических показателей для выявления факторов, негативно влияющих на геоэкологическую устойчивость водных экосистем.

Материалы и методы исследования. Информационной базой для оценки качества воды и экологического состояния водных объектов в бассейне реки Жайык являлись «Ежегодные данные о качестве поверхностных вод Республики Казахстан» РГП «Казгидромет» МОСВР РК и многолетние фондовые и литературные источники, содержащие гидрохимические показатели [3], включая азот аммонийный (NH_4), азот нитритный (NO_2), азот нитратный (NO_3), хлориды (Cl), сульфаты (SO_4), медь (Cu), цинк (Zn), натрий (Na) и нефтепродукты (таблица 1).

Таблица 1 – Концентрация загрязняющих веществ в воде реки Жайык

Загрязняющие вещества	Годы			
	1990	2000	2005	2010
город Уральск				
Расход воды (Q), м^3/с	454.0	367.0	295.0	209.0
Взвешенные вещества, мг/л	-	91.6	13.7	13.9
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0.34	0.16	0.08	0.17
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0.01	0.01	0.08	0.04
Азот нитратный (NO_3), мг/л	0.54	0.56	7.33	3.45
Нефтепродукты, мг/л	0.05	0.06	0.02	0.03
Хлориды (Cl), мг/л	80.11	92.01	123.34	209.8
Сульфаты (SO_4), мг/л	87.33	92.83	92.36	119.52
Железо общее (Fe), мг/л	-	0.13	0.10	0.016

Загрязняющие вещества	Годы			
	1990	2000	2005	2010
Медь (Cu), мг/л	2.81	3.23	-	-
Цинк (Zn), мг/л	4.35	2.44	-	-
село Куршум				
Расход воды (Q), м^3/с	454,0	367,0	295,0	209,0
Взвешенные вещества, мг/л	-	70,7	16,6	11,9
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,27	0,15	0,07	0,13
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0,02	0,02	0,05	0,04
Азот нитратный (NO_3), мг/л	0,42	1,82	5,81	3,78
Нефтепродукты, мг/л	0,04	0,04	0,03	0,03
Хлориды (Cl), мг/л	76,20	107,18	149,83	161,63
Сульфаты (SO_4), мг/л	85,93	110,13	97,83	114,57
Железо общее (Fe), мг/л	-	0,15	0,12	0,18
Медь (Cu), мг/л	2,23	5,41	-	-
Цинк (Zn), мг/л	3,91	3,05	-	-
Кадмий (Cd), мг/л	-	-	-	-
Марганец (Mn), мг/л	-	-	-	5,30
Поселок Махамбет				
Расход воды (Q), м^3/с	343,0	324,0	312,0	153,0
Взвешенные вещества, мг/л	-	172,3	86,5	57,9
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,12	0,22	0,07	0,10
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0,02	0,02	0,02	0,02
Азот нитратный (NO_3), мг/л	0,29	0,21	0,17	1,29
Нефтепродукты, мг/л	0,07	0,05	0,04	0,02
Хлориды (Cl), мг/л	91,41	127,27	122,08	78,69
Сульфаты (SO_4), мг/л	71,84	82,84	100,71	79,25
Железо общее (Fe), мг/л	-	0,29	0,32	0,12
Медь (Cu), мг/л	0,13	2,88	25,24	2,27
Цинк (Zn), мг/л	2,00	5,00	39,13	5,76
Кадмий (Cd), мг/л	-	-	10,99	-
Марганец (Mn), мг/л	-	-	-	4,32
город Атырау				
Расход воды (Q), м^3/с	385,0	339,0	352,0	216,0
Взвешенные вещества, мг/л	-	114,7	131,2	58,9
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,09	0,21	0,09	0,13
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0,02	0,02	0,03	0,02
Азот нитратный (NO_3), мг/л	0,27	0,24	0,30	1,04
Нефтепродукты, мг/л	0,06	0,05	0,04	0,02
Хлориды (Cl), мг/л	89,21	126,49	124,16	79,09
Сульфаты (SO_4), мг/л	64,96	80,30	72,03	78,0
Железо общее (Fe), мг/л	-	0,24	0,47	0,14
Медь (Cu), мг/л	0,77	1,34	2,76	1,41
Цинк (Zn), мг/л	2,01	3,43	42,53	11,40

Загрязняющие вещества	Годы			
	1990	2000	2005	2010
Кадмий (Cd), мг/л	-	1,19	25,12	-
Марганец (Mn), мг/л	-	12,2	-	3,39

Для оценки качества водных ресурсов и экологического состояния водных экосистем в практике водного хозяйства широко используются методы, основанные на использовании комплексных показателей. В данном случае оценка качества воды и экологического состояния водных объектов в бассейне реки Жайык оценивалась по методике В.В. Шабанова, с помощью коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) [4]:

$$K_{пз} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \frac{C_i}{ПДК_i} - 1,$$

где: i – номер загрязняющего воду вещества; N - количество учитываемых веществ; $ПДК_i$ - предельно-допустимая концентрация учитываемых веществ; C_i - фактическая концентрация учитываемых веществ; $K_{пз}$ - коэффициент предельной загрязненности, характеризующий качество воды, состояние водного объекта рек и его водохозяйственное значение, которые оцениваются в соответствии классификацией, приведенной в таблице 2.

Таблица 2 – Классификация качества воды по показателю коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) [4]

Очень чистая	Чистая	Умеренно чистая	Загрязненная	Грязная	Очень грязная
<-0.80	-0.80-0.0	0.0-1.0	1.0-3.0	3.0-5.0	>5.0

Результаты исследования. Интенсивное использование водных ресурсов водосбора бассейна реки Жайык резко изменили их качественные и количественные гидрохимические параметры в результате сброса в воду самых разнообразных загрязнителей антропогенного происхождения, которые способствовали разрушению естественных экосистем. Это обстоятельство делает необходимым оценку качества воды и экологического состояния водных объектов на территории Западно-Казахстанской и Атырауской областей Республики Казахстан, являющейся одной из зон магазинирования поверхностного стока в бассейне Каспийского моря [5; 6].

При этом основными загрязнителями водных ресурсов по Западно-Казахстанской и Атырауской областям являются предприятия промышленности, коммунального хозяйства и трубопроводного транспорта, осуществляющие сбросы сточных вод в окружающую среду.

Оценка качества воды и эколого-водохозяйственного состояния водных объектов водосбора бассейна реки Жайык проводилась в пространственно-вре-

менном масштабе с интервалом в пять лет для выявления направленности и интенсивности гидрогеохимического процесса в водных экосистемах Западно-Казахстанской и Атырауской областей (табл. 3).

Таблица 3- Оценка загрязненности воды на водосборе бассейна реки Жайык в по коэффициенту предельной загрязненности

Загрязняющие вещества	$ПДК_i$, мг/л	Годы			
		1990	2000	2005	2010
город Уральск					
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0.50	-0.320	-0.680	-0.840	-0.660
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0.08	-0.875	-0.875	0.000	-0.500
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9.1	-0.340	-0.338	-0,194	-0,621
Нефтепродукты, мг/л	0.10	-0.500	-0.400	-0.800	-0.700
Хлориды (Cl), мг/л	300.0	-0,732	-0,693	-0,588	-0,300
Сульфаты (SO_4), мг/л	100.0	-0,127	-0,072	-0,076	0,195
Железо общее (Fe), мг/л	0,30	-	-0,566	-0,666	-0,947
Медь (Cu), мг/л	1.0	1.810	2.230	-	-
Цинк (Zn), мг/л	1.0	3.350	1.440	-	-
$K_{пз}$		0,252	0,068	-0,352	-0,392
село Куршум					
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0.50	-0,460	-0,700	-0,860	-0,740
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0.08	-0,750	-0,750	-0,375	-0,500
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9.1	-0,954	-0,800	-0,361	-0,585
Нефтепродукты, мг/л	0.10	-0,600	-0,600	-0,700	-0,700
Хлориды (Cl), мг/л	300.0	-0,746	-0,642	-0,500	-0,461
Сульфаты (SO_4), мг/л	100.0	-0,141	0,101	-0,022	0,146
Железо общее (Fe), мг/л	0,30	-	-0,500	-0,600	-0,400
Медь (Cu), мг/л	1.0	1,230	4,410	-	-
Цинк (Zn), мг/л	1.0	2,910	2,050	-	-
Кадмий (Cd), мг/л	5,0	-	-	-	-
Марганец (Mn), мг/л	10,0	-	-	-	-0,470
$K_{пз}$		0,061	0,285	-0,488	-0,464
поселок Махамбет					
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0.50	-0,760	-0,560	-0,860	-0,800
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0.08	-0,750	-0,750	-0,750	-0,750
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9.1	-0,968	-0,977	-0,981	-0,858
Нефтепродукты, мг/л	0.10	-0,300	-0,500	-0,600	-0,800
Хлориды (Cl), мг/л	300.0	-0,695	-0,575	-0,593	-0,738
Сульфаты (SO_4), мг/л	100.0	-0,282	-0,172	0,007	-0,208
Железо общее (Fe), мг/л	0,30	-	-0,633	0,067	-0,600
Медь (Cu), мг/л	1.0	-0,870	1,88	24,24	1,27
Цинк (Zn), мг/л	1.0	1,00	4,00	38,13	4,76
Кадмий (Cd), мг/л	5,0	-	-	1,198	-

Загрязняющие вещества	$ПДК_i$, мг/л	Годы			
		1990	2000	2005	2010
Марганец (Mn), мг/л	10,0	-	-	-	-0,568
$K_{пз}$		-0,453	0,190	5,986	0,071
город Атырау					
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0.50	-0,820	-0,580	-0,820	-0,740
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0.08	-0,750	-0,750	-0,940	-0,750
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9.1	-0,970	-0,974	-0,967	-0,985
Нефтепродукты, мг/л	0.10	-0,400	-0,500	-0,600	-0,800
Хлориды (Cl), мг/л	300.0	-0,703	-0,578	-0,586	-0,736
Сульфаты (SO_4), мг/л	100.0	-0,350	-0,197	-0,280	-0,220
Железо общее (Fe), мг/л	0,30	-	-0,200	0,566	-0,533
Медь (Cu), мг/л	1.0	-0,230	0,340	1,760	0,410
Цинк (Zn), мг/л	1.0	1,010	2,430	41,530	10,400
Кадмий (Cd), мг/л	5,0	-	-0,762	4,024	-
Марганец (Mn), мг/л	10,0	-	0,220	-	-0,661
$K_{пз}$		-0,402	-0,141	4,255	0,538

Таким образом, как видно из таблицы 3, эколого-водохозяйственная оценка качества воды в бассейне р. Жайык, проведенная в пространно-временном масштабе, начиная с границы Республики Казахстан (гидрологический пост - город Уральск) до устья реки (гидрологический пост - город Атырау) позволила определить направленность и интенсивность их загрязнения главными ионами (Cl, Na, SO_4), биогенными элементами (NH_4, NO_2, NO_3) и тяжелыми металлами (Cu, Zn). При этом по коэффициенту предельной загрязненности ($K_{пз}$) в створе гидрологического поста у г. Уральск качество воды оценивается в пределах градации «очень чистая-чистая», а в створе г. Атырау – «грязная», что необходимо учитывать при разработке природоохранных мероприятий на водосборах бассейна реки Жайык.

Обсуждение и выводы. Таким образом, на основе систематизации данных, а также прогнозного расчета коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) выполнена оценка качества воды и эколого-водохозяйственного состояния водных экосистем на водосборах бассейна р. Жайык в пространственно-временном масштабе, которая показала, что качество воды для всех рассматриваемых гидрологических постов оценивается на уровне «чистая (мезотрофные)» и «загрязненная (эвтофные)».

Система оценки качества воды и эколого-водохозяйственного состояния водных экосистем на водосборах бассейна р. Жайык с использованием коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) дала возможность определить степень, интенсивность, направленность и характер загрязнения водных объектов в пространственно-временном масштабе, что позволяет разработать систему мероприятий по рациональному природопользованию и предотвращению возможных

чрезвычайных ситуаций на основе количественной характеристики процессов естественного самоочищения природных систем.

Список использованных источников

1. Курмангалиев Р.М. Гидрологический режим реки Урал и его экологические проблемы / Р. М. Курмангалиев, М. К. Онаев, Е. Б. Байшиган // Наука и образование: научно-практический журнал Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана. – 2006. - № 1. - С. 92-97.
2. Чибилев А.А. Бассейн Урала: история, география, экология / А. А. Чибилев. - Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 312 с.
3. Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В., Сокальский В.А., Бурлибаева Д.М., Уваров Д.В., Симернова Д.А., Ефимонко А.В., Милюков Д.Ю. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана. - Алматы: Канагат, 2014.- том 1. – 742 с.
4. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем. - М: МГУП, 2009.- 154 с.
5. Козыкеева А.Т., Мустафаев Ж.С., Арыстанова А.Б., Jozef Mosiej.Эколого-гидрологическое состояние трансграничной реки Жайык // МЕЛИОРАЦИЯ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО / Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Шумаковские чтения) «Инновационные технологии мелиорации, водного и лесного хозяйства Юга России». – Новочеркасск: Издательство Лик, 2018.-Выпуск 16. - Часть 1. - С. 168-173.
6. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Арыстанова А.Б., Карпенко Н.П. Эколого-водохозяйственная оценка трансформации концентрации загрязняющих веществ в водах водосбора бассейна реки Жайык // Международный технико-экономический журнал. -2018-№6.- С. 123-130.

УДК631.6; 626.87

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА СТОКА ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ ТОБЫЛ

А.Т. Козыкеева, Ж.С. Мустафаев, Б.Е. Тастемирова
НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан

Актуальность. Водообеспеченность отраслей экономики в Северном Казахстане во многом зависит от формирования водных ресурсов в пределах Российской Федерации. Современное развитие науки и техники предполагает наличие комплексного подхода к решению многих проблем в области сбалансированного использования водных ресурсов трансграничных рек. При изучении водных объектов трансграничных рек необходим учет гидрологического и гидрохимического режимов формирования их стока для обоснования комплексного рационального использования и охраны водных ресурсов, в том числе р. Тобыл в Северном Казахстане. Исследования загрязнения водотоков бассейна реки Тобыл загрязняющими веществами в многолетнем разрезе и пространственном масштабе будет способствовать нахождению оптимальных путей регулирования их гидрогеохимического режима с целью снижения техногенной нагрузки на природную среду и выработки управленческих решений с позиций охраны водных ресурсов.

Цель исследований - определить пространственно-временные особенности формирования гидрохимического режима р. Тобыл в условиях антропогенной деятельности.

Объект исследования, река Тобыл, относится к бассейну Карского моря, берет начало на восточных отрогах Южного Урала, впадает в реку Иртыш у города Тобольска. Длина - 1591 км, площадь бассейна - 395 тыс. км^2. В пределах Костанайской области расположено только верхнее течение реки, протяженностью 682 км и часть ее водосбора площадью 121 тыс. км^2. Река Тобыл на большей своей части имеет постоянный сток [1].

Река Тобыл протекает по территории двух государств - Республики Казахстан (Костанайская область) и по нескольким областям Российской Федерации. Российско-Казахстанской трансграничной территорией бассейна река Тобыл считается часть та часть бассейна, которая расположена в Костанайской, Челябинской и Курганской областях (до створа у г. Курган).

Методы и материалы исследования. Методы исследования основаны на систематизации, анализе и обобщении результатов мониторинга, использованы многолетние информационно-аналитические материалы «Ежегодные данные о качестве поверхностных вод Республики Казахстан» РГП «Казгидромет» МОСВР РК (табл. 1) [2].

Таблица 1 – Концентрации загрязняющих веществ на водосборе бассейна реки Тобыл

Показатель	Средние значения показателей по годам			
	1990	2000	2005	2012
Река Тобыл – село Гришенка				
Расход воды (Q), м^3/с	7,46	909	12,17	4,88
Взвешенные вещества, мг/л	-	39,20	40,61	29,39
Магний (Mg), мг/л	37,49	43,60	325,66	377,82
Хлориды (Cl),мг/л	254,89	400,19	325,66	377,82
Сульфаты (SO_4), мг/л	160,24	226,71	166,71	224,21
Кальций (Ca), мг/л	65,49	72,72	64,82	66,67
Летучие фенолы, мг/л	0,0000	0,0004	0,0008	0,0004
Нефтепродукты, мг/л	0,02	0,03	0,02	0,02
СПАВ, мг/л	0,02	0,05	0,04	0,03
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,18	0,09	0,10	0,26
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0,02	0,01	0,01	0,01
Азот нитратный (NO_3), мг/л	0,90	0,58	0,28	0,25
Фосфаты (PO_4), мг/л	0,07	0,04	0,04	0,02
Железо общее (Fe), мг/л	0,25	0,21	0,21	0,093
Медь (Cu), мкг/л	0,00	1,44	18,90	3,01
Цинк (Zn), мкг/л	0,00	1,95	7,02	1,93
Фториды (F), мкг/л	0,37	0,44	0,36	0,37
Река Тобыл – город Костанай (выше сброса городского стока)				
Расход воды (Q), м^3/с	9,65	15,36	18,73	6,13
Взвешенные вещества, мг/л	-	34,31	37,33	27,16

Магний (Mg), мг/л	31,86	23,30	-	38,44
Хлориды (Cl), мг/л	215,48	218,08	181,77	196,68
Сульфаты (SO_4), мг/л	168,84	200,08	181,77	196,68
Кальций (Ca), мг/л	78,41	79,96	65,53	97,20
Летучие фенолы, мг/л	0,0000	0,0005	0,0009	0,0004
Нефтепродукты, мг/л	0,01	0,03	0,02	0,02
СПАВ, мг/л	0,19	0,04	0,03	0,02
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,11	0,08	0,09	0,23
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0,01	0,01	0,01	0,01
Азот нитратный (NO_3), мг/л	0,68	0,56	0,30	0,31
Фосфаты (PO_4), мг/л	0,07	0,05	0,06	0,07
Железо общее (Fe), мг/л	0,15	0,17	0,14	6,27
Медь (Cu), мкг/л	0,00	1,78	10,37	2,83
Цинк (Zn), мкг/л	0,00	0,44	5,26	2,05
Хром общий (Cr), мкг/л	0,00	0,01	3,86	7,13
Фториды (F), мкг/л	0,40	0,41	0,37	0,35
Река Тобыл – город Костанай (3 км ниже сброса городского стока)				
Расход воды (Q), м^3/с	9,65	15,36	17,73	6,13
Взвешенные вещества, мг/л	-	36,81	38,74	29,47
Магний (Mg), мг/л	38,88	27,85	-	41,72
Хлориды (Cl), мг/л	254,76	239,43	186,11	205,13
Сульфаты (SO_4), мг/л	224,54	244,86	142,01	192,20
Кальций (Ca), мг/л	95,88	95,23	69,59	69,82
Летучие фенолы, мг/л	0,0000	0,0004	0,0008	0,0005
Нефтепродукты, мг/л	0,02	0,03	0,02	0,02
СПАВ, мг/л	0,02	0,05	0,04	0,02
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,65	0,22	0,13	0,27
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0,05	0,03	0,01	0,01
Азот нитратный (NO_3), мг/л	3,09	2,07	0,64	0,60
Фосфаты (PO_4), мг/л	0,13	0,07	0,07	0,09
Железо общее (Fe), мг/л	0,22	0,23	0,16	1,22
Медь (Cu), мкг/л	0,33	2,28	14,08	3,46
Цинк (Zn), мкг/л	0,48	0,56	7,28	1,99
Хром общий (Cr), мкг/л	0,00	0,01	4,44	9,30
Фториды (F), мкг/л	0,43	0,44	0,38	0,40

Для оценки качества водных ресурсов и экологического состояния водных экосистем в практике водного хозяйства широко используются методы, основанные на использовании комплексных показателей (определения пределов допустимых изменений (ПДИ) [3], предельно допустимой концентрации (ПДК) [4]), а также методологического обеспечения М.Ж. Бурлибаева [2] и В.В. Шабанова [5; 6].

При этом качество воды и экологического состояния водных объектов в бассейне реки Тобыл оценивается по методике В.В. Шабанова с помощью коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) [5]:

$$K_{пз} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \frac{C_i}{ПДК_i} - 1,$$

где: i – номер загрязняющего воду вещества; N - количество учитываемых веществ; $ПДК_i$ - предельно-допустимая концентрация учитываемых веществ; C_i - фактическая концентрация учитываемых веществ; $K_{пз}$ - коэффициент предельной загрязненности, характеризующий качество воды, состояние водного объекта рек и его водохозяйственное значение, которые оцениваются в соответствии классификации, то есть при $K_{пз}$<-0.80 – очень чистая, $K_{пз}$= -0,80-0,0 - чистая, $K_{пз}$= 0,0-1,0 –умеренно чистая, $K_{пз}$ = 1,0-3,0 - загрязненная, $K_{пз}$ = 3,0-5,0 – грязная и $K_{пз}$>5.0 – очень грязная.

Результаты исследования. На основе коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$)с использованием многолетних информационно-аналитических материалов по загрязнению воды в бассейне реки Тобыл и интегральных критериев предельно допустимой концентрации (ПДК) для рыбохозяйственного водопользования выполнена оценка качества воды по гидрохимическим показателям (табл. 2).

Таблица 2- Оценка качества воды в бассейне реки Тобыл по гидрохимическим показателям

Показатель	$ПДК_{рх}$	Средние концентрации загрязняющих веществ по годам			
		1990	2000	2005	2012
р. Тобыл – с. Гришенка					
Магний (Mg), мг/л	40,0	-0,0693	0,0900	7,1415	8,4455
Хлориды (Cl), мг/л	300,0	-0,1504	0,3339	0,0855	0,2594
Сульфаты (SO_4), мг/л	100,0	0,6024	1,2671	0,6671	1,2421
Кальций (Ca), мг/л	180,0	-0,6362	-0,5960	-0,6399	-0,6296
Летучие фенолы, мг/л	0,001	0,0000	-0,6000	-0,2000	-0,6000
Нефтепродукты, мг/л	0,05	-0,6000	-0,4000	-0,6000	-0,6000
СПАВ, мг/л	0,1	-0,8000	-0,5000	-0,6000	-0,7000
Азот аммоний (NH_4), мг/л	0,39	-0,5338	-0,7692	-0,7444	-0,3333
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0,02	0,0000	-0,5000	-0,5000	-0,5000
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9,00	-0,9000	-0,9355	-0,9689	-0,9722
Фосфаты (PO_4), мг/л	0,25	-0,7200	-0,8400	-0,8400	-0,9200
Железо общее (Fe), мг/л	0,03	7,3333	6,000	6,0000	2,1000
Медь (Cu), мкг/л	1,0	0,0000	0,4400	17,9000	2,0100
Цинк (Zn), мкг/л	10,0	0,0000	-0,8050	-0,2980	-0,8070
Фториды (F), мкг/л	0,75	-0,5067	-0,4133	-0,5200	-0,5067
$K_{пз}$		0,2013	0,1183	1,7255	0,4992
р. Тобыл – г. Костанай (выше сброса городского стока)					
Магний (Mg), мг/л	40,0	-0,2035	-0,4175	-	-0,0390
Хлориды (Cl), мг/л	300,0	-0,2813	-0,2731	-0,3941	-0,3444

Показатель	$ПДК_{рх}$	Средние концентрации загрязняющих веществ по годам			
		1990	2000	2005	2012
Сульфаты (SO_4), мг/л	100,0	0,6884	1,0008	0,8177	0,9668
Кальций (Ca), мг/л	180,0	-0,5643	-0,5558	-0,6336	-0,4600
Летучие фенолы, мг/л	0,001	0,0000	-0,5000	-0,1000	-0,6000
Нефтепродукты, мг/л	0,05	-0,8000	-0,4000	-0,6000	-0,6000
СПАВ, мг/л	0,1	0,9000	-0,6000	-0,7000	-0,8000
Азот аммоний (NH_4), мг/л	0,39	-0,7118	-0,7949	-0,7692	-0,4103
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0,02	-0,5000	-0,5000	-0,5000	-0,5000
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9,00	-0,9244	-0,9378	-0,9667	-0,9656
Фосфаты (PO_4), мг/л	0,25	-0,7200	-0,8000	-0,7600	-0,7200
Железо общее (Fe), мг/л	0,03	4,000	4,6667	3,6667	208,00
Медь (Cu), мкг/л	1,0	0,0000	0,7800	9,3700	1,8300
Цинк (Zn), мкг/л	10,0	0,0000	-0,9560	-0,4740	-0,7950
Хром общий (Cr), мкг/л	20,0	0,0000	-0,9995	-0,8570	-0,6435
Фториды (F), мкг/л	0,75	-0,4667	-0,4533	0,5067	-0,5333
$K_{пз}$		0,02597	-0,1089	0,4754	12,7116
р. Тобыл – г. Костанай (3 км ниже сброса городского стока)					
Магний (Mg), мг/л	40,0	-0,0280	-0,3038	0,0000	0,0430
Хлориды (Cl), мг/л	300,0	-0,1508	-0,2019	-0,3796	-0,3174
Сульфаты (SO_4), мг/л	100,0	1,2454	1,4486	0,4201	0,9220
Кальций (Ca), мг/л	180,0	-0,4673	-0,4709	-0,6134	-0,6155
Летучие фенолы, мг/л	0,001	0,0000	-0,6000	-0,2000	-0,5000
Нефтепродукты, мг/л	0,05	-0,6000	-0,4000	-0,6000	-0,6000
СПАВ, мг/л	0,1	-0,8000	-0,5000	-0,6000	-0,8000
Азот аммоний (NH_4), мг/л	0,39	0,6667	-0,4359	-0,6667	-0,3077
Азот нитратный (NO_2), мг/л	0,02	1,5000	0,5000	-0,5000	-0,5000
Азот нитратный (NO_3), мг/л	9,00	-0,6567	0,7700	-0,9289	-0,6333
Фосфаты (PO_4), мг/л	0,25	-0,4800	-0,7200	-0,7200	-0,6400
Железо общее (Fe), мг/л	0,03	6,3333	6,6667	4,3333	3,0667
Медь (Cu), мкг/л	1,0	-0,6700	1,2800	13,0800	2,4600
Цинк (Zn), мкг/л	10,0	-0,9520	-0,9440	-0,2720	-0,8010
Хром общий (Cr), мкг/л	20,0	0,0000	-0,9995	-0,7780	0,5350
Фториды (F), мкг/л	0,75	-0,4267	-0,4133	-0,4933	-0,4667
$K_{пз}$		0,2822	0,2923	0,6926	0,0528

Таким образом, оценка качества воды на водосборе бассейна р. Тобыл, проведенная в пространно-временном масштабе, начиная с зоны формирования стока (гидрологический пост - село Гришенка) до пункта в 3 км ниже сброса стока г. Костанай за 1990-2012 гг. показала, что коэффициент предельной загрязненности ($K_{пз}$) изменяется от - 0,1089 до 12,7116, а качество воды от «очень чистой» до «очень грязной». При этом зона формирования стока, т.е. в створе гидрологического поста с. Гришенка, в период 1990-2012 гг. качество воды изменялось от «умеренно чистой» до «загрязненной»; в створе в 3 км ниже сброса

стока г. Костанай вода р. Тобыл «умеренно чистая», чему способствует способность водной экосистемы к самоочищению.

Как видно из таблицы 3, вода на водосборе бассейна р. Тобыл в основном загрязнена тяжелыми металлами (Cu, Zn), сульфатами (SO_4) и нефтепродуктами, что необходимо учитывать при разработке природоохранных мероприятий.

Выполненная оценка качества воды в бассейне р. Тобыл с использованием коэффициента предельной загрязненности позволила определить степень и характер загрязнения для обоснования водоохранных мероприятий с учетом процессов естественного самоочищения природной системы[7].

Список использованных источников

1. Водные Ресурсы Казахстан. Оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока Казахстана. Книга 1: Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстан.- Алматы, 2012.-том VII.- 684 с.

2. Бурлибаев М.Ж., Шенбергер И.В., Бурлибаева Д.М., Симернова Д.А., Сокальский В.А., Айтуреев А.М., Линник А.С., Милюков Д.Ю.Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана.- Алматы: Канагат, 2017.- том 2. – 552 с.

3. Калихман А.Д., Педерсен А.Д., Савенкова Т.П., Сукнев А.Я. Методика «пределов допустимых изменений» на Байкале – участке Всемирного наследия ЮНЕСКО. Иркутск: Оттиск, 1999.

4. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения.- М.: Минздрав СССР.-1988.- 74 с.

5. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем.- М: МГУП, 2009.- 154 с.

6. Вершинская М.Е., Шабанова В.В., Маркин В.Н. Эколого-водохозяйственная оценка водосбора и водных объектов в бассейне Иртыша//Природообустройство, 2008. -№2. -С.50-57.

7. Козыкеева А.Т., Мустафаев Ж.С., Тастемирова Б.Е. Особенности формирования гидрологического режима водосбора бассейна реки Тобол // МЕЛИОРАЦИЯ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО / Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Шумаковские чтения) «Инновационные технологии мелиорации, водного и лесного хозяйства Юга России». – Новочеркасск: Издательство Лик, 2018.-Выпуск 16. - Часть 1. - С.173-178.

УДК 615.035.4

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИТЕРИЕВ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Н.П. Курбатов
ФГБОУ ВО «Тверской Государственный технический университет», г. Тверь, Россия

Проектирование и строительство гидротехнических сооружение часто ведется без учета критериев теории надежности и методов математической статистики. В мелиоративном строительстве оценка надежности сооружения и его стоимости имеет огромное экономическое значение.

Каналы с заданными размерами и покрытием должны пропускать расчетный расход воды. Если запроектированный расход не проходит, то его качественные характеристики снижены и требуется либо восстановить их до проектных значений, либо расчеты были выполнены неверно (ошибки проектировщиков).

Конструкция оросительных каналов должна отвечать основным требованиям:

- неразмываемость русла канала, сечение должно быть таким, чтобы при данном уклоне канала ***I*** скорость течения воды не превышала допустимой наибольшей скорости $v_{0\ max}$;

- незаиляемость канала, поперечное сечение должно быть таким, чтобы поток воды обладал необходимой транспортирующей способностью в отношении наносов, условие для определения критической скорости v_{0min};.

- минимум фильтрации, так как фильтрационные потери в каналах зависят также и от формы поперечного сечения;

- максимум пропускной способности или гидравлического радиуса ***R.***

Однако, все эти условия, на конкретном канале не могут быть удовлетворены одновременно [1]. Кроме того, планируемый расход может не проходить, если канал зарос травой, скорость движения воды уменьшилась, идет усиленная фильтрация через стенки и дно, при этом все его конструктивные элементы остались без существенных изменений - откосы не размыты, обрушений не наблюдается, крепления имеют незначительные повреждения.

Оросительные системы при эксплуатации подвергаются воздействию различных факторов. Влияние этих факторов проявляется в виде отклонений параметров системы от расчетных значений, изменения в течение эксплуатации коэффициента шероховатости, пропускной способности, коэффициент f фильтрации. Отклонения иногда могут быть настолько значительными, что дальнейшая эксплуатация системы становится невозможной. Отказ наступает в том случае, когда система или составляющие ее элементы перестают удовлетворять предъявляемым требованиям.

Наиболее характерными признаками невыгодности дальнейшей эксплуатации объекта служат: повышение интенсивности выхода из строя отдельных узлов, элементов, резкий рост расходов на эксплуатацию объекта и потерь в результате простоев.

Увеличение затрат на строительство канала ведет к уменьшению эксплуатационных затрат и наоборот, уменьшение стоимости строительства приводит к увеличению эксплуатационных затрат. Если обозначить через $C_{стр}$ стоимость строительства каналов и через $C_{экспл}$ стоимость их эксплуатации за год, то получим общие суммарные затраты за некоторый срок *t:*

$$W_{общ} = C_{стр} + \boldsymbol{t}\, C_{экспл} \qquad (1)$$

Приведенные затраты - затраты на строительство и эксплуатацию, условно приведенные к одному году:

$$W = W_{общ} / \boldsymbol{t} = (C_{экспл} + \boldsymbol{t}\, C_{экспл}) / \boldsymbol{t} = C_{стр} / \boldsymbol{t} + C_{экспл} \qquad (2)$$

Определяющим параметром общих затрат на строительство каналов будет тип и конструкция креплений откосов и дна. Максимальная стоимость $C_{стр}$ - откосы и дно канала забетонированы, при этом $C_{экспл}$ - минимальны. Минимальная

стоимость $C_{стр}$ - откосы и дно канала без креплений, $C_{экспл}$ - максимальная. Схематично эти изменения отражены на рисунке 1.

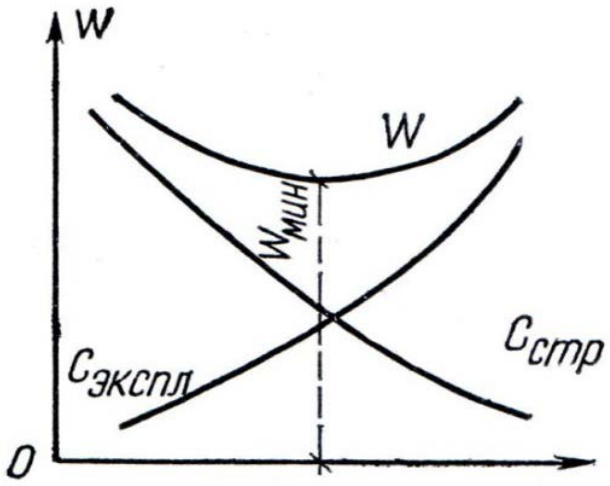


Рисунок 1 - Изменение затрат на строительство и эксплуатацию канала в зависимости от типа креплений

При заданном расходе подаваемой воды ***Q***, увеличение затрат на крепление откосов ведет к увеличению затрат на строительство водовода и уменьшению эксплуатационных затрат, связанных с периодическим ремонтом. Наоборот, при уменьшении затрат на крепление, увеличиваются эксплуатационные расходы.

Система каналов должна быть запроектирована наиболее экономично и обеспечивать экономически выгодное решение этого комплекса. При проектировании гидротехнических объектов необходимо учитывать вопросы надежности. Долговечность и надежность можно повысить до любого уровня, увеличив запасы, затраты. Риск выхода из строя объекта при этом снижается, стоимость объекта увеличивается. Поэтому необходимо стремиться к оптимальному соотношению между стоимостью и риском [2,3].

Разработать и построить объект без экономических ограничений практически невозможно. Экономичность любой конструкции определяется затратами на ее разработку и эксплуатацию. Канал, построенный с максимальной надежностью и теряющий минимальное количество воды на фильтрацию, будет стоить очень дорого. Себестоимость поданной воды будет высокой. Однако, если проложить канал с минимальными затратами, можно вообще не получить требуемого количества воды, а разрушения будут столь значительны, что через короткий промежуток времени эксплуатация системы станет невозможной. Тем не менее, системы с низкой надежностью в ряде случаев применяются, так как экономически себя оправдывают. Зачем выполнять канал с железобетонным креплением откосов и дна, если он эксплуатируется несколько месяцев в году.

С целью сохранения заданной надежности необходимо правильно организовывать эксплуатацию оросительных систем. Требуемый уровень надежности восстанавливаемых систем обеспечивается профилактическим осмотром и восстановлением. Общее календарное время работы системы состоит из времени

безотказной работы t_0, времени восстановления t_s и времени профилактического обслуживания.

Цель профилактического обслуживания - исключить возможность появления отказов системы при ее нормальной эксплуатации. Для этого важно уметь прогнозировать отказы. Полностью исключить отказы в рабочий период не удается. Поэтому необходимо проектировать систему и эксплуатировать ее так, чтобы обеспечить минимальное время восстановления отказавшего элемента. Важную роль для сохранения надежности систем играет квалификация, подготовка и опыт обслуживающего персонала.

Используя методы математической статистики и теории вероятности и взяв за основу канал-аналог, характерный для данной местности, можно сконструировать канал с минимальными затратами.

Вероятность исправной работы оросительной сети, состоящей из N элементов канала, в течение времени t будет равна произведению вероятностей исправной работы ее составных элементов в течение того же времени [4]:

$$P_c(t) = P_1(t)\ P_2(t)\ P_3(t) \ldots P_N(t) = \prod_{i=1}^{N} P_i(t). \qquad (3)$$

Вероятность безотказной работы одного элемента:

$$P_i(t) = exp[-\int_0^t \lambda(t)dt] \text{ или}$$

$$-\int_0^t \lambda(t)dt$$

$$P_i(t) = e \qquad (4)$$

В общем виде формулу (1) можно записать:

$$\int_0^t \lambda_1(t)\,dt - \int_0^t \lambda_2(t)\,dt - \int_0^t \lambda_N(t)\,dt - \sum \int_0^t \lambda_i(t)\,dt$$

$$P_c(t) = e \qquad e \qquad \ldots e \qquad = e\ . \qquad (5)$$

Если интенсивность отказов будет величиной постоянной, то:

$$P_i(t) = e^{-\lambda i\, t}, \qquad (6)$$

Проект канала, выполненный на основе геодезических, геологических и гидрологических изысканий необходимо подвергнуть проверке на экономическую эффективность и надежность. Для этого необходимо:

- выбрать несколько вариантов креплений откосов канала;
- рассчитать надежность и время до прекращения эксплуатации канала с различными вариантами креплений откосов;
- определить финансовые затраты и время восстановления откосов;
- выбирая варианты креплений откосов, следует отдавать преимущество конструкциям из современных материалов, легкозаменяемых, экологически чистых элементов.

Оптимальная долговечность определяется экономически наиболее выгодным сроком службы сооружения. Это зависит как от технического, так и морального износа. Необходимо стремиться, чтобы срок службы составляющих элементов не был больше срока работы самой системы, или к концу срока службы системы эти элементы окажутся не амортизированными.

Многие элементы креплений откосов канала имеют неодинаковую прочность, износостойкость, сопротивляемость нагрузкам. По срокам службы они значительно отличаются, что вызывает сложные, многочисленные ремонты и как следствие - повышение стоимости эксплуатации.

Необходимо добиваться увеличения количества одновременно заменяемых, легкозаменяемых элементов, одновременно ремонтируемых частей. Повышение интенсивности выхода из строя отдельных узлов, элементов, резкий рост расходов на эксплуатацию объекта и потерь в результате простоев свидетельствуют о неудачном выборе конструкции при проектировании. Оптимальным сроком службы считается тот, при котором эксплуатирующее хозяйство будет нести минимальные затраты и потери, отнесенные к единице продукции. Борьба с моральным износом ведется путем модернизация объекта при ремонте.

При проектировании объектов желательно, чтобы конструкция канала и креплений были по возможности простыми при строительстве и при обслуживании. Практика эксплуатации объектов гидротехнического строительства и гидромелиорации свидетельствует о преимуществах таких систем.

Пример 1: Наблюдениями установлено, что разрушение ж/б покрытий каналов, расположенных в данной местности и работающих постоянно начинает происходить через 25 лет, требуется определить время капитального ремонта канала, чтобы его надежность была не ниже 80%.

Решение 1: Допуская, что распределение событий подчиняется экспоненциальному закону распределения, при среднем сроке службы 25 лет, вероятность работы системы определится по формуле:

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

Через 5 лет надежность системы снизится на 19% , а ее надежность составит 81%:

$$P(5) = e^{-0,04 \cdot 5} = 0,81$$

Однако вероятность того канал будет разрушен и перестанет функционировать подчиняется распределению Пуассона. Разрушения элементов конструкции начнется только через 25 лет и вероятность попадания этого события в некоторый интервал определится по формуле:

$$P(m_1 \le X \le m_2) = e^{-\lambda t} \sum_{m=m_1}^{m_2} \frac{(\lambda t)^m}{m!} \qquad (7)$$

При $m_1 = 0$; $m_2 = 25$; $\lambda = 1/25 = 0,04$; $m = 25$;

$$P(0-25) = \frac{25^{25}}{25!} e^{-25} = 0,079$$

Вероятность того, что через 25 лет канал перестанет функционировать составляет 8%.

Пример 2: Канал построен без креплений откосов. Наблюдениями установлено, что канал расположен в данной местности и работает постоянно, его откосы станут разрушаться в первый год эксплуатации, и критических значений размывы достигнут через 3 года. Определить время капитального ремонта канала, чтобы его надежность была не ниже 80%.

Решение 2: Считая, что распределение событий подчиняется экспоненциальному закону распределения, при среднем сроке службы 3 года, вероятность работы системы определится по формуле:

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

Уже через 1 год надежность системы составит 72% .

Но, вероятность того, что канал будет разрушен и перестанет функционировать, подчиняется распределению Пуассона. Вероятность попадания этого события в некоторый интервал определится по формуле:

$$P(m_1 \le X \le m_2) = e^{-\lambda t} \sum_{m=m_1}^{m_2} \frac{(\lambda t)^m}{m!}$$

При $m_1 = 0$; $m_2 = 3$; $\lambda = 1/3 = 0,33$; $m = 3$

$$P(0-3) = \frac{3^3}{3!} e^{-3} = 0,075$$

Вероятность того, что через 3 года канал перестанет функционировать, составляет 7,5%.

Таким образом, при проектировании канала задача состоит в том, чтобы производственные возможности оптимально согласовывать с экономическими

затратами. Оптимальный уровень качества объекта – это сочетание его различных свойств (технических, экономических, эстетических), которое обеспечивает определение потребности с минимально возможными издержками на их создание и эксплуатацию

Долговечность сооружения должна измеряться экономически наиболее выгодным сроком службы, ограниченным физическим и моральным износом. Физический износ неотвратим. Профилактические ремонты могут лишь отдалить этот период. Физическому износу подвергаются кроме действующих сооружений, не работающие, не участвующие в процессе эксплуатации гидротехнические объекты, так как на них воздействует окружающая среда. Моральный износ наступает в результате технического прогресса - создания более экономичных и современных сооружений. Ремонтировать сооружение, модернизировать или сменить его, решается в каждом отдельном случае с учетом условий работы конструкции на основе технико-экономических расчетов.

Надежность и долговечность можно повысить до любого уровня, увеличив запасы, затраты. Естественно, риск выхода из строя объекта при этом снижается, стоимость объекта увеличивается. Поэтому необходимо стремиться к оптимальному соотношению между стоимостью и риском.

Список использованных источников

1. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: Издание автора 1927.-476.
2. Р. Хевиленд. Инженерная надежность и расчет на долговечность, Перевод с английского Б. А, Чумаченко М.-Л.Энергия, 1966.
3. Мирцхулава Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. –М.: Колос,1974.-279с.
4. Курбатов Н.П. Методы определения пропускной способности канала с помощью теории вероятности. «Мелиорация и водное хозяйство», 2013, №1.

УДК 627.157: 002.637 (282.247.41)/624.131.1

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ КЛЯЗЬМЫ

Б.И. Корженевский, Г.Ю. Толкачев, Т.А. Ильина, Е.Н. Гетьман
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Введение. Комплексное использование водных объектов требует изучения их экологического состояния и оценки уровня техногенной нагрузки. Для всех техногенно развитых территорий наблюдается формирование литогеохимических аномалий в донных отложениях (ДО). Тонкие фракции ДО вследствие своих высоких сорбционных свойств накапливают широкий комплекс загрязняющих веществ (ЗВ) и потому могут служить индикатором техногенной нагрузки на водный объект. Отметим, что оценка техногенной нагрузки только на основе данных о составе и концентрациях ЗВ в воде не может быть корректной без специальных режимных наблюдений из-за сильных флуктуаций расходов воды, концентраций взвешенных и растворенных веществ в течение года. В данной ситуации оперативным источником информации о состоянии водных систем могут являться показатели загрязненности ДО. Результаты их исследования позволяют установить наиболее неблагополучные в экологическом отношении участки и скорректировать состав и объем мониторинга.

Объект и методы исследования. В качестве показателя техногенной нагрузки дана оценка загрязнения ДО р. Клязьма следующими тяжелыми металлами (ТМ): Cd, Cu, Pb, Zn, Cr, Ni, Fe, Mn. Исследования проводились в 2017-2018 гг. на территории Московской и Владимирской областей – от дамбы Пироговского водохранилища до пос. Оргтруд. Река Клязьма протекает через ряд достаточно крупных городов (Ногинск, Павловский Посад, Орехово-Зуево, Покров, Собинка, Владимир) с промышленными предприятиями; на ее водосборной территории находится развитая сеть автотрасс, большое количество поселков и сельскохозяйственных угодий. Створы располагались следующим образом: створ выше города, промзоны, сельскохозяйственных территорий или притока, и створ ниже предполагаемого источника загрязнения в зоне смешения сточных и поверхностных вод. Более подробно принципы выбора пунктов наблюдений рассмотрены в [1, 2]. При исследовании распределения загрязняющих веществ по поверхности и для определения уровня загрязнения в текущий момент пробы отбирали из поверхностного слоя ДО. Взятая проба гомогенизировалась и распределялась по пакетам для исследований.

В лабораторных условиях выделялась мокрым просеиванием «сорбирующая фракция» размером менее 0,020 мм. Данная фракция практически полностью состоит из высокодисперсных глинистых минералов, оксидов Fe и Mn, органического вещества, обладающего максимальными сорбционными свойствами [3]. Выбор данной фракции также обусловлен тем обстоятельством, что ее содержание в паводковых осадках на пойме может достигать 70% и более [4]. Определение концентраций тяжелых металлов в пробах ДО проводили методами атомной адсорбции (Cd) и ICP – после их разложения в «царской водке».

Оценка степени загрязнения ДО тяжелыми металлами представляет собой сложную проблему. В качестве базовой методики авторами взята семизвенная система классификации ДО по «индексу геоаккумуляции» [5, 6], которая в течение 30 лет находит широкое применение при мониторинге бассейнов Рейна и Эльбы [7, 8]. «Индекс геоаккумуляции» характеризует кратность загрязнения ДО относительно природного фона во фракциях менее 0,020 мм. На основе данной методики разработана и применена методика оценки техногенной нагрузки на водные экосистемы [9, 10, 11, 12], что позволяет оценить уровень потенциальной и реальной опасности загрязнения водоемов.

Результаты и их обсуждение. По результатам полевых исследований получены значения концентраций микроэлементов. На участке р. Клязьмы от дамбы Пироговского водохранилища до впадения ее притока р. Учи большинство изучаемых ТМ содержатся в ДО в пределах 0-1 (от незагрязненного до умеренно загрязненного) игео-классов (далее – «классов»), Ni – в пределах фонового значения, Zn на всем протяжении и Pb в районах мостов и автодорог – 2 класс (умеренно загрязненный). В ДО р. Учи концентрации Zn и Mn соответствуют 2 игеоклассу, Pb – 1-2. В г. Щелково содержание Cd, Pb, Zn, Cr, Cu соответствует 2-3 классу, по оценке [9] умеренно опасной техногенной нагрузке. Однако ниже по течению, при пересечении со Щелковским шоссе, уровни загрязнения существенно разнятся: Pb, Cr, Ni – 4 класс (сильно загрязненный), Cu – 5 класс (сильно загрязненный до чрезмерного), а также аномально высокое содержание Zn на

уровне 6 класса – чрезмерно загрязненный. Данные показатели соответствуют сильной и чрезмерной техногенной нагрузке. Весьма высоко содержание Zn в районах поселков Свердловский и Осеево – 6 класс и чрезвычайно опасная нагрузка, а также Cr и Cu – 4 класс. Такие высокие показатели при отсутствии в непосредственной близости источников ЗВ могут быть объяснены тем, что в данном районе русло реки делает крутые повороты и практически вся сорбирующая фракция ДО оседает под самым берегом излучины. Pb и Ni содержатся в пределах 3 класса и серьезной опасности для экосистемы не представляют.

Ниже по течению, в районе пос. Лосино-Петровский и дер. Бездедово концентрации ряда микроэлементов снижаются – As до 4 и 2 соответственно, Zn до 4, Cr до 1-2 и Cu до 2-3. Вместе с тем содержание Cd резко увеличивается относительно верхнего течения и соответствует 5 классу, и держится практически на том же уровне до г. Ногинска. В районе самого Ногинска концентрация Pb соответствует 4-5 классу, вплоть до впадения р. Шерна. В то же время ниже Ногинска содержание Zn существенно ниже (3 класс), чем в самом городе (4 класс), что может говорить об отсутствии поступления Zn в самом городе в совокупности с существенным разбавлением.

Донные отложения притока Клязьмы р. Шерны характеризуются загрязнением на уровне 2 класса Fe, Mn и As и незначительным загрязнением остальными элементами, а также фоновыми значениями для Cr и Cu. Данные показатели могут быть объяснены составом самих ДО – высокое содержание кристаллической и аморфной форм гидроксидов Fe и Mn, активно сорбирующих микроэлементы [12].

В черте г. Павловский Посад содержание Cd на уровне 4 класса, Pb – 3, Zn снижается с 3 до 2. Вместе с тем абсолютные значения всех элементов на выходе реки из города ниже, чем на входе, где опробование проводилось в непосредственной близости от автомоста трассы Кузнецы–Павловский Посад. Определено, что города Павловский Посад и Ногинск, не является значительными источниками загрязнения. На участке от г. Орехово-Зуево до дер. Войнова Гора концентрации Cd, Pb, Zn соответствуют 3 классу, Cr и Cu – 1-2. Fe, Mn и Cr не превышают 1 класс.

Ниже впадения р. Киржач и вплоть до дер. Крутово содержание Mn, Zn и Pb соответствует 2 классу. Концентрации Cu, Cr и Fe не превышают 1 класса, что свидетельствует о слабой техногенной нагрузке на достаточно протяженном и при этом извилистом участке Клязьмы от дер. Войнова Гора до дер. Крутово, за исключением подходящих вплотную автодорог. Сходная картина отмечена для протяженного участка от пос. Собинка до пос. Оргтруд, на котором расположен областной центр г. Владимир: только содержания Mn соответствует 2-му классу, остальные элементы не превышают 1 класс. Отметим, что концентрации Ni в большинстве точек опробования ДО соответствуют фоновым значениям. В ДО притоков Клязьмы (Липня, Колокша, Нерль) содержание ТМ практически везде соответствует или незначительно превышает фоновые значения. Исключение составляет устье Нерли, где содержание Mn соответствует 2 классу. Река Пекша–на выходе из г. Кольчугино концентрации Cu и Zn соответствуют 6 и 4 классам–чрезвычайно опасной нагрузке; Pb на уровне 2 класса, в этом случае достаточно

хорошо «читается» производство изделий из мельхиора, которое располагалось в нескольких километрах выше по течению. За последние более чем 20 лет, уровень загрязнения остается практически постоянным и локализуется на расстоянии первых десятков километров от источника. Ниже по течению постепенно содержание указанных элементов снижается. Значительно ниже, перед впадением в Клязьму, Cu и Zn снижаются до 2 и 1 класса соответственно, остальные элементы на фоновом уровне либо не превышают 1 класс.

Проведенные исследования свидетельствуют, что наибольшими показателями загрязнения обладают Zn и Pb на всем протяжении изученного речного участка. Это может быть следствием поступления данных элементов на всем протяжении реки с автодорог и неконтролируемых источников загрязнения. Отмечено высокое содержание Cd, Cu, Cr и Ni выше г. Ногинска, однако об их высокой техногенной нагрузке на весь изученный участок говорить не приходится. В то же время установлено, что содержание элементов выше, в черте и ниже крупных районных центров (гг. Щелково, Ногинск, Павловский Посад, Орехово-Зуево, Покров), а также областного центра г. Владимир остается практически без изменений. Данный факт может свидетельствовать о том, что упомянутые города не являются активными источниками загрязнения ДО р. Клязьма, а их сточные воды разбавляют речные, в результате чего может увеличиваться ареал рассеивания микроэлементов – в частности Zn и Pb. Оценивая общую картину загрязнения Клязьмы на изученном участке, можно сделать вывод, что, несмотря на значительное количество источников загрязнения (в том числе неконтролируемых), говорить о чрезмерно опасной нагрузке не приходится, за исключением отдельных локальных пунктов, где необходимо принять меры к ее снижению.

Выводы

1. Установлено, что основными загрязняющими элементами являются Zn и Pb на всем протяжении основного русла реки Клязьмы. Их уровень соответствует умеренно опасной техногенной нагрузке и выше, что может быть объяснено развитой инфраструктурой и большим количеством неконтролируемых источников загрязнения. Содержание Cd, Cu, Cr и Ni соответствует опасной техногенной нагрузке выше г. Ногинска. На всем остальном участке их концентрации существенно ниже и не превышает умеренно опасную нагрузку.

2. Определено, что выше и ниже гг. Ногинска, Павловского Посада, Орехово-Зуева и Владимира содержание микроэлементов в ДО р. Клязьмы практически неизменно, что в свою очередь свидетельствует об отсутствии существенного техногенного воздействия со стороны упомянутых городов.

3. Приток реки Клязьмы р. Пекша в районе г. Кольчугино и ниже подвергается чрезмерной и сильной техногенной нагрузке по содержанию Zn и Cu, что свидетельствует о явно недостаточной или отсутствующей очистке сточных вод с промышленных площадок города.

4. Высокий (чрезмерный) уровень загрязнения ДО на некоторых участках, в частности, в пос. Свердловском и дер. Осеево определяется гидрологией потока, морфологией русла и местными условиями осадконакопления, когда достаточно

густая растительность, являющаяся замедлителем потока, определяет отложение тонкой фракции – активного сорбента ТМ.

5. На изученном участке реки Клязьмы отмечены «природно-морфологические» ловушки, образуемые изгибами реки, содержанием и структурой растительности, спецификой течений и прочими характеристиками, вызванными как природными, так и техногенным факторами. Они являются наиболее энергетически выгодными участками для осадконакопления и хранения тонкой фракции иловатых отложений – активного сорбента ТМ.

Список использованных источников

1. Die Elbe und ihre Nebenfluesse – Belastung, Trends, Bewertung, Perspektiven // Dr. A.Prange etc., 2000. – P. 18–23.
2. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins - Veraenderungen seit 1971 // Umschau 79, 1979. – H.24. – S. 778–783.
3. Mueller G., Furrer R. Pollution of the River Elbe - Past, Present and Future // Water Quality International, 1998. – Vol. 1. – P. 15–18.
4. Коломийцев Н.В. Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязненности донных отложений / Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский, Т.А. Ильина, Е.Н. Гетьман // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. – № 6. – С. 15–19.
5. Яшин В.М. Мониторинг загрязнения пойменных агроландшафтов в среднем течении р. Оки при паводках / В.М. Яшин, П.И. Пыленок // Вопросы мелиорации. 2001. – № 5–6. – С. 55–63.
6. Коломийцев Н.В. Исследования загрязненности донных отложений как основа мониторинга состояния водотоков / Н.В. Коломийцев, В.Е. Райнин, Т.А. Ильина, Л.Б. Зимина-Шалдыбина, Г. Мюллер // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. – № 3. – С. 11–25
7. Техногенное загрязнение речных экосистем / В.Н. Новосельцев [и др.]; под ред. В.Е. Райнина, Г.Н. Виноградовой. – М.: Научный мир, 2002. – 140 с.
8. Коломийцев Н.В. Загрязнение водных экосистем озера Селигер тяжелыми металлами / Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский, Т.А. Ильина, Т.И. Аверкина, Е.Н. Самарин, Г.Н. Иванов, Г. Мюллер, А. Яхья // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 5. – С. 43–46.
9. Моделирование эрозионных процессов на территории малого водосборного бассейна / Под ред. А.С. Керженцева, Р. Майснера. – М.: Наука, 2006. – 223 с.
10. Кочарян А.Г. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях Верхней Волги от истока до входного створа Иваньковского водохранилища / А.Г. Кочарян, Г.Ю. Толкачев, Н.В. Коломийцев // Мелиорация и водное хозяйство. – №5. – 2006. – С. 25–27.
11. Кочарян А.Г., Толкачев Г.Ю., Коломийцев Н.В. Техногенная нагрузка на Верхнюю Волгу от Верхневолжских озер до входного створа Иваньковского водохранилища и влияние городов на содержание микроэлементов в донных отложениях. Материалы международного научно-технического конгресса по безопасности «Безопасность – основа устойчивого развития регионов и мегаполисов». Москва, ноябрь 2005. С. 506–509.
12. Толкачев Г.Ю. Тяжелые металлы в системе «вода – донные отложения». Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2012. – 98 с.
13. Корженевский Б.И. Основные принципы мониторинга загрязнения большой реки (на примере бассейна реки Волги) / Б.И. Корженевский, Г.Ю. Толкачев, Т.А. Ильина, Н.В. Коломийцев // СтройМного. – 2017. – № 1(6). – С. 1/7-7/7.
14. Корженевский Б.И. Мониторинг загрязнения автотранспортом малых рек Московской области тяжелыми металлами / Б.И. Корженевский, Н.В. Коломийцев, Т.А. Ильина, Н.О. Гетьман // Безопасность жизнедеятельности, 2018. – № 4 (208). – С. 24-29.

УДК 502:504:631.6

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕКОНТРОЛИРУЕМЫХ СТОКОВ С СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ

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

В настоящее время отсутствуют репрезентативные сведения о составе диффузионного стока с мелиорируемых земель, об объемах и качестве дренажных и сбросных вод, поступающих с мелиоративных систем в водные объекты бассейна реки Волга. Недостаточно разработаны методики определения расчетных концентраций минеральных, органических веществ и пестицидов в дренажном и поверхностном стоке, а также пространственные математические модели миграции и трансформации загрязняющих веществ.

Цель работы – создание доступной методики, позволяющей производить оценочные расчеты нагрузки на водный объект от неконтролируемых стоков с сельскохозяйственных территорий.

Для решения этой задачи была разработана методика расчета нагрузки на водный объект, позволяющая произвести оценку объемов сбросов и выноса биогенных веществ (NPK) с сельскохозяйственных земель.

Предлагаемая методика учитывает широкий спектр факторов формирования поверхностного и дренажного стоков:

- техническую характеристику мелиоративной системы;
- геоморфологические, гидрологические особенности сельскохозяйственного участка;
- водно-физические свойства грунтов;
- агротехнические и агромелиоративные условия;
- виды, формы используемых минеральных и органических удобрений.

Для расчетов объемов стоков, был произведен аналитический обзор известных теоретических зависимостей и многочисленных опытных данных и произведен подбор эмпирических зависимостей, позволяющих учитывать большинство факторов формирования поверхностного и дренажного стоков.

В основу расчетов по выносу биогенных веществ положено Руководство по определению расчетных концентраций минеральных, органических веществ и пестицидов в дренажном и поверхностном стоке с мелиорируемых земель [1]. Ввиду сложности получения или полного отсутствия достоверных исходных данных, необходимых для расчета, нами был принят ряд допущений, основанных на результатах натурных исследований и опытных данных, что позволило значительно упростить расчет, не снижая его достоверность.

Для реализации методики был разработан алгоритм расчета, состоящий из трех модулей:

- модуль 1 – содержит алгоритм расчета параметров дренажного стока (объем стока, количество биогенных веществ (NPK)) (рис. 1);

Модуль 1: Расчет дренажного стока с с/х

Ввод исходной информации с ГИС карты:
- F – площадь осушаемой территории, га
- q- модуль дренажного стока, л/с га

1. Расчет объема годового дренажного стока:

$$W_{др} = q \cdot F \cdot t \ /10000, м^3$$

где q - среднегодовой модуль дренажного стока, л/с га;
F- площадь осушаемой территории, га; t – количество секунд в году, t=31536000 с.

Выбор выращиваемой сельскохозяйственной культуры и урожайности
(овощи, картофель, зерновые)

Определение - норм внесения минеральных ($У_у$) и органических ($У_о$) удобрений, кг/га д.в
(принимается по рекомендациям в зависимости от типа почвы и культуры или по фактическим данным)

Ввод исходной информации с ГИС карты:
- $N_п$ - содержание минерального азота в пахотном слое почвы, кг/га
- $К_в$- валовое содержание калия в пахотном слое почвы , кг/га

2. Расчет выноса азота дренажным стоком за год ($В_N^{др}$):

$$В_N^{др} = \frac{(К_1 \cdot У_у + 0{,}0002 У_0 + 0{,}007 N_п) W_{др} / F}{W_{пр} + W_{др} / F}, кг/га$$

где $К_1$ - коэффициент, определяющий, остаточное количество подвижных форм азота минеральных удобрений после использовании сельскохозяйственными растениями (определяется по таблице 1)
$W_{пр}$- запас влаги в расчетном слое почвы до уровня грунтовых вод или до глубины заложения дрен при предельной полевой влагоемкости, почвы, $м^3$/га (определяется по таблице 2)

3. Расчет выноса растворенного фосфора дренажным стоком ($В_{Рдр}$) за год:

$$В_Р^{др} = \frac{n_1 W_{nx}^{пр} \cdot W_{др} / F}{W_{пр} + W_{др} / F}, кг/га$$

где n_1- величина, характеризующая содержание растворенного фосфора в почве (определяется по таблице 3);

4. Расчет выноса растворенного калия с дренажным стоком ($В_{Кдр}$) за год:

$$В_К^{др} = \frac{[(0{,}2 \ У_у + 0{,}0012 \ У_0 + 0{,}008 \ К_в) 0{,}018] W_{др} / F}{W_{пр} + W_{др} / F}, кг/га$$

5. Расчет суммарного выноса биогенных веществ с дренажным стоком ($\sum В_{др}$) за год:

$$\Sigma В_{др} = В_N^{др} + В_Р^{др} + В_К^{др}, кг/га$$

Рисунок 1 – Модуль 1. Расчет основных показателей дренажного стока

- модуль 2 – описывает алгоритм расчета параметров поверхностного стока (объем стока, количество биогенных веществ (NPK)) (рис.2);

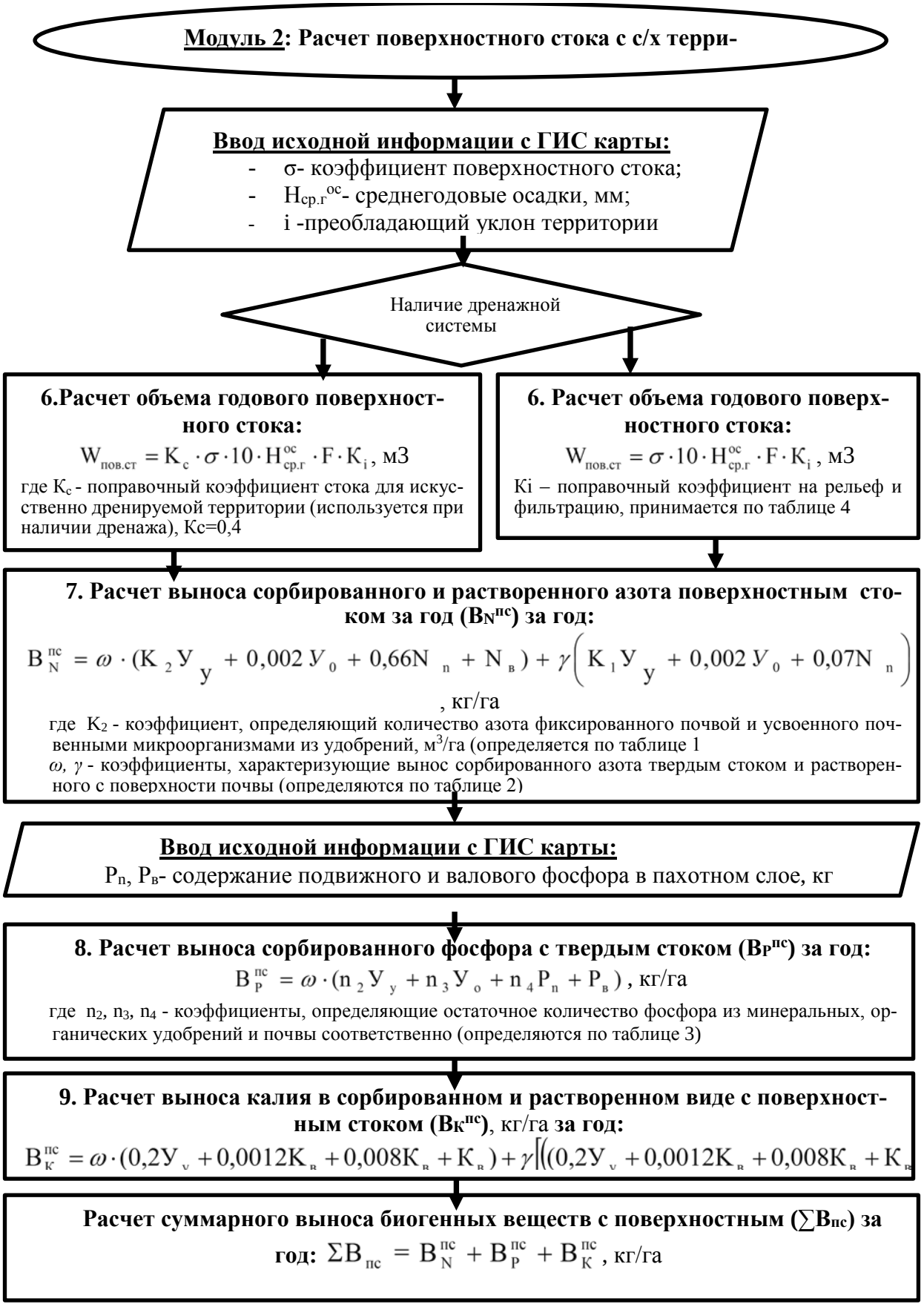


Рисунок 2– Модуль 2. Расчет основных показателей поверхностного стока

- модуль 3- позволяет произвести оценку объема, удельных и суммарных показателей общего стока на водный объект с сельскохозяйственных территорий, (рис.3).

Определение коэффициентов приведено в таблицах 1-4.

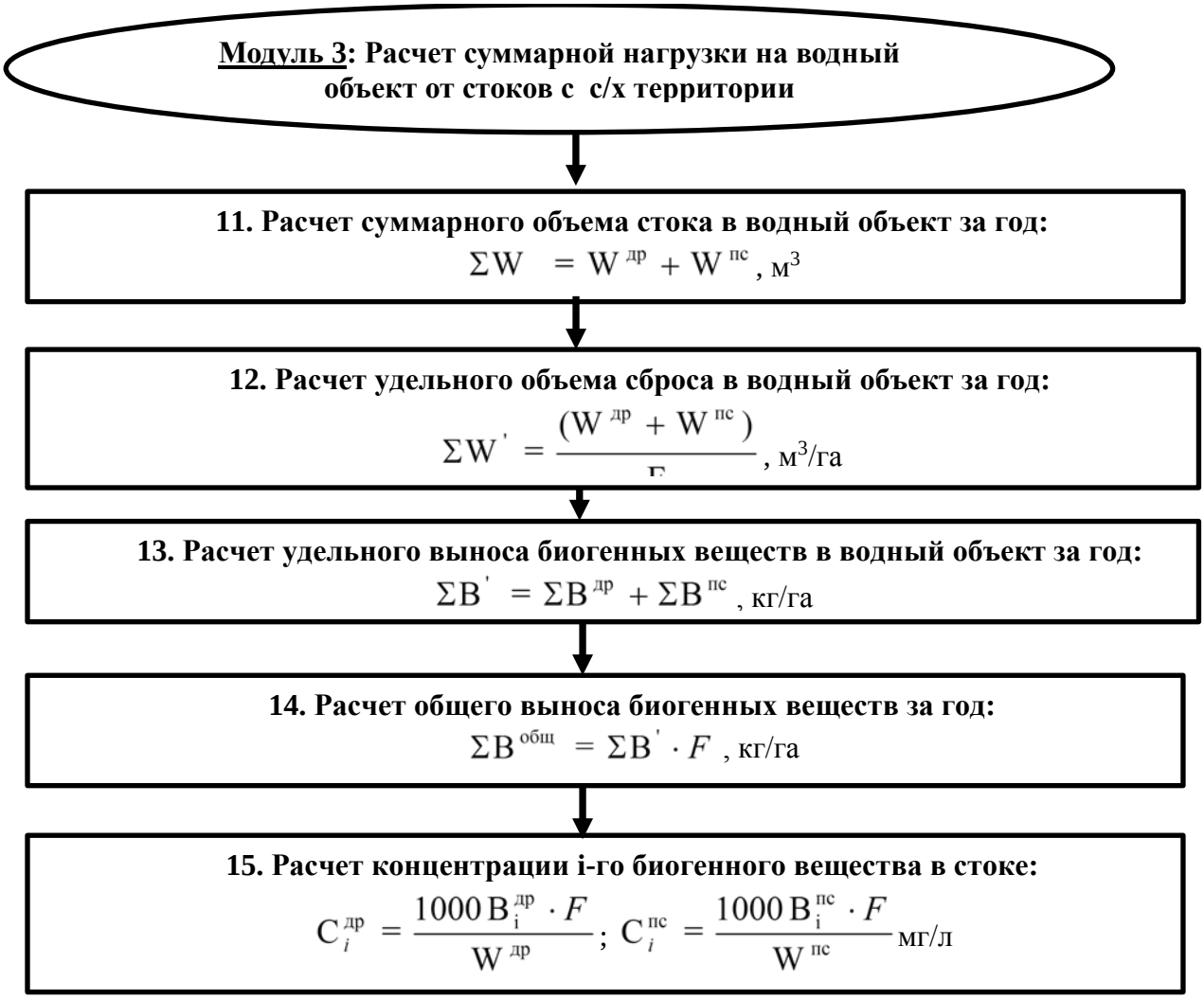


Рисунок 3 – Модуль 3. Расчет суммарной нагрузки на водный объект от стоков с сельскохозяйственных территорий

Таблица 1- Определение коэффициентов $К_1$, $К_2$

Тип удобрения	Аммиачная селитра	Сульфат аммония	Хлористый аммоний
$К_1$	0,02	0,03	0,06
$К_2$	0,65	0,35	0,18

Таблица 2 - Определение коэффициентов $W_{пр}$, $W^{пр}_{пх}$, ω , γ

Тип почвы	Торфяная	Дерново-подзолистые-суглинистые	Выщелоченные черноземы
$W_{пр}$	4500	2682	2765
$W^{пр}_{пх}$	1350	537	553
ω	$3{,}1x\ 10^{-5}_{д}$	$7{,}2x\ 10^{-5}$	$4x10^{-5}_{н}$
γ	$4{,}3x10^{-3}$	$4{,}8x10^{-3}$	$2{,}4x10^{-2}$

Таблица 3 - Определение коэффициентов n_1, n_2, n_3, n_4

Характеристика состава почв	**Легкие**	**Тяжелые**	**Торфяные**
n_1	0,002	0,00017	0,0015
n_2	0,8	0,26	0,32
n_3	0,0014	0,0004	0,0005
n_4	0,85	0,28	0,34

Таблица 4 - Определение коэффициента K_i [2]

Водопроницаемость	**Кф, м/сут**	**Уклон i**		
		<0,01 (зона слабого смыва)	**0,01-0,05 (зона умеренного смыва)**	**>0,05 (зона сильного смыва)**
хорошая	2	0,1	0,2	0,3
средняя	1	0,2	0,3	0,4
слабая	0,1	0,45	0,6	0,75

Заключение

При разработке методики расчета были обобщены и адаптированы материалы ранее проведенных теоретических и натурных исследованиях и использованы рекомендации методических документов.

Методика ориентирована на современные информационные подходы и технологии и требует минимального объема исходной информации.

Предложенный алгоритм позволяет производить оценочный расчет неконтролируемых сбросов с сельскохозяйственных территорий в водный объект, а именно: объемов дренажного и поверхностного стоков; объем поступления и концентрацию биогенных веществ (NPK).

Разработанный алгоритм предполагается использовать как совместно с ГИС картами, содержащими необходимые данные, так и самостоятельно при наличии исходной информации.

Список использованных источников

1. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. (2015). Москва. 146 с.

2. Рокочинский А.Н., Р.Н. Коптюк Учет поверхностного стока при оценке эффективности водорегулирования осушаемых земель с развитым рельефом /ieek.timacad.ru›science/1/sb-09/2/107-1.doc (дата обращения 19.09.2019)

УДК 556.5

УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В БАССЕЙНАХ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК

Ю.А. Мажайский[1], А.А. Волчек[2], О.П. Мешик[2], Л.Н. Гертман[3], И.Ю. Давыдова[4]

[1]ООО «Мещерский научно-технический центр», г. Рязань, Россия;
[2]УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Беларусь;
[3]РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Беларусь;
[4]ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина», г. Рязань, Россия

Введение. Главной задачей в исследовании трансграничных водных ресурсов на нынешнем этапе является комплексная оценка их современного состояния с учетом пространственно-временных колебаний и изменений основных составляющих водного баланса речных водосборов. При этом необходимо учитывать влияние на них различных природных и антропогенных факторов, прогноз изменения водных ресурсов при различных сценариях развития климата. На основе полученных научных результатов необходимо разработать мероприятия по минимизации возможных негативных последствий в случае изменения режима водных ресурсов.

Цель и задачи исследований. Водосберегающую политику целесообразно сосредоточить на следующих основных направлениях:

- ✓ предотвращение и уменьшение негативных последствий от наводнений;
- ✓ улучшение качества природных вод;
- ✓ охрана водных источников при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов народного назначения;
- ✓ управление режимом природных вод, обеспечивающим биосферное функционирование природных экосистем;
- ✓ создание бассейновых схем управления водными ресурсами.

В области изучении и борьбе с наводнениями:

- ✓ районирование и картирование пойм по величине наводнений с учетом вида хозяйственного использования территории;
- ✓ разработка математической модели и создание соответствующих баз данных для прогнозирования наводнений;
- ✓ разработка противопаводковых мероприятий в долинах рек с учетом всего водосбора;
- ✓ определение видов хозяйственной деятельности, которым при затоплении будет нанесен минимальный ущерб;
- ✓ создание надежных инженерных сооружений по защите сельскохозяйственных земель и хозяйственных объектов с минимальными нарушениями природных биогеоценозов;

✓ оптимизированное сочетание инженерных методов защиты населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий с не инженерными. Создание гибкой системы по страхованию от наводнений;
✓ разработка системы оповещения населения о времени наступления наводнения, о максимально возможных отметках его уровня и продолжительности в сутках;
✓ разработка единой методики учета последствий от наводнений.

В области улучшения качества природных вод являются:

✓ оценка современного состояния загрязнения поверхностных и подземных вод и прогноз на ближайшую перспективу;
✓ оценка величины трансграничного переноса загрязняющих веществ для рек. Оптимизация сети наблюдений за качеством природных вод;
✓ разработка эффективных методов очистки природных и сточных вод;
✓ разработка компенсационных мероприятий для снижения негативных последствий, вызванных ухудшением качества речных вод;
✓ разработка мероприятий по снижению загрязнения поверхностных и подземных вод при разработке месторождений полезных ископаемых;
✓ разработка мероприятий по улучшению качества подземных вод на групповых водозаборах основных населенных пунктов;
✓ разработка мероприятий по регулированию стока, подаче воды извне, повторному использованию дренажных вод, а также исследование возможности применения нетрадиционных способов, методов и источников покрытия дефицитов влажности почвы сельскохозяйственных полей;
✓ оценка последствий изменений гидробиологического режима рек, вызванных изменением гидрологического режима рек, повышением температуры воздуха, ухудшением кислородного режима, снижением интенсивности процессов самоочищения;
✓ разработка методики оценки ущерба от загрязнения вод с учетом экологической безопасности для человека и окружающей природной среды.

На бассейновом уровне необходимо решить следующие задачи:

✓ дать оценку современного состояния и на перспективу водных ресурсов с учетом их колебаний и влияния на них различных природных и антропогенных факторов;
✓ разработать бассейновую схему управления водными ресурсами основных рек;
✓ разработать модель функционирования бассейна малых рек и на ее основе оптимизировать комплексное использование водных ресурсов этих бассейнов;
✓ разработать методы эксплуатации работы бесплотинных водозаборов, водного транспорта, рекреационных мест и т. д. в условиях уменьшения стока;
✓ дать экономическое обоснование расчетной обеспеченности водохозяйственных объектов в связи с уменьшением водных ресурсов.

Результаты и обсуждение. Проблема адаптации водных ресурсов к изменению климата является новой и неопределенной. В тоже время вследствие изменения климата могут усугубиться некоторые современные проблемы водохозяйственного комплекса России, Беларуси, других государств, а также появиться

новые, не характерные для нынешних условий. Поэтому разработка адаптационных мер и их реализация является неотложной задачей.

В связи с тем, адаптация водных ресурсов к изменению климата требует индивидуальных подходов в каждом конкретном случае, рассмотрим наиболее общие возможные меры по адаптации, которые представлены в таблице.

Таблица – Возможные меры по адаптации водных ресурсов к изменению климата

Повышенная опасность наводнений	Повышенная опасность засухи	Ухудшение качества воды
Предотвращение/повышение устойчивости		
Ограничение городской застройки в зонах, подверженных риску наводнения Меры по поддержанию безопасности дамб, лесонасаждение и другие структурные мероприятия по предотвращению затопления территорий Изменения в режиме эксплуатации водохранилищ и озер Управление землепользованием Обустройство мест аккумуляции стока Расширение возможностей дренирования территорий Конструкционные (структурные) меры (временные дамбы, строительство устойчивого жилья, изменение транспортной инфраструктуры) Переселение людей из зон, подверженных высокому риску	Сокращение потребностей в воде Водосберегающие меры / эффективное использование воды Совершенствование технологий по утилизации и повторному использованию сточных вод Водосбережение (системы выдачи разрешений для водопользователей, просвещение и повышение информированности и т.д.) Управление землепользованием Улучшение технологий и эффективного использования воды Повышение степени доступности водных ресурсов Улучшение водного баланса ландшафта Совершенствование стратегии устойчивого использования подземных вод Строительство новых сетей водоснабжения и водопользования Выявление и оценка альтернативных стратегических водных ресурсов (поверхностных и подземных) Выявление и оценка альтернативных технологических решений (повторное, использование сточных вод и т.д.) Увеличение емкостей хранилищ (для поверхностных и подземных вод) как естественных, так и искусственных Создания дополнительной инфраструктуры водоснабжения Экономические инструменты, такие как установка счетчиков, ценовая политика Механизм перераспределения водных ресурсов для наиболее приоритетных нужд Снижение утечек в распределительной сети Сбор и хранение дождевых вод	Предотвращение сброса и очистка мест сброса отходов в зонах, подверженных риску наводнений Улучшение очистки сточных вод Регулирование стока сточных вод Улучшение системы забора воды для питьевых нужд Безопасность и эффективность систем сточных вод Изоляция мест сброса отходов в зонах, подверженных риску наводнения Временные устройства для хранения сточных вод Защита водосбора (расширение охраняемых территорий и т.д.)

Повышенная опасность наводнений	Повышенная опасность засухи	Ухудшение качества воды
	Снижение водопотребления в мелиорации за счет изменения севооборотов и методов орошения	
Подготовительные меры		
Предупреждение о наводнениях (включая раннее предупреждение) Планирование на случай чрезвычайных ситуаций (включая эвакуацию) Риск внезапных наводнений (меры, принимаемые в порядке предотвращения, поскольку время для предупреждения слишком коротко для принятия нужных мер) Картирование угроз и риска наводнений	Разработка плана борьбы с засухой Изменение правил эксплуатации водохранилищ Определение приоритетности видов водопользования Ограничение забора воды для отдельных видов пользования Планирование на случай чрезвычайных ситуаций Повышение информированности Оповещение населения об опасности Подготовка и тренировки	Ограничения на сброс сточных вод и реализация аварийных систем хранения воды Регулярный мониторинг за качеством питьевой воды
Ответные меры		
Медицинская помощь в чрезвычайных обстоятельствах Распределение безопасной питьевой воды Обеспечение санитарной безопасности Определение приоритетности и типа распределения (вода в бутылках, пластиковые пакеты и т.д.)		
Восстановительные меры		
Мероприятия по очистке Варианты восстановления, например, реконструкция инфраструктуры Аспекты управления, такие как законодательство, в частности, в области страхования, четкая политика восстановления, надлежащие институциональные механизмы, планы и потенциал, сбор и распространение информации Специально разработанные проекты: новая инфраструктура, лучшие школы, госпитали Все виды финансовой и экономической поддержки Специальное налогообложение для инвестиций, компаний, населения Страхование Оценка		

В основу концепции рационального использования водных ресурсов и охраны окружающей среды должен быть положен комплексный целевой подход, при котором предусматривалось бы: определение основных целей и приоритетов в водопотреблении и водопользовании, а также охране окружающей среды, обеспечивающих рациональное использование данного природного ресурса и эффективную защиту от загрязнения; выявление путей, средств и механизмов достижения этих целей; оценка эколого-экономической эффективности при примене-

нии научно-технических разработок в народном хозяйстве; формирование экологического сознания у населения. Конечным итогом должно быть улучшение социально-экономических и экологических условий проживания человека.

На первом этапе необходимо направить исследования и технические разработки на научное обеспечение следующих направлений:

✓ фундаментальные исследования естественных и антропогенных режимов водных объектов региона;

✓ изучение и кадастровая оценка водных ресурсов, представляющих непосредственное и перспективное хозяйственно-коммерческое значение;

✓ поиск новых и апробация существующих технологических решений по рациональному природопользованию и энергосбережению;

✓ комплексная научно-прикладная инвентаризация уникальных водных объектов;

✓ изучение причинно-следственных закономерностей качества природных вод и здоровья человека;

✓ формирование многофакторных информационных и предметно-информационных банков данных для экологического мониторинга и кадастра, долгосрочного планирования социально-экономической инфраструктуры, отраслевых прогнозов, экологического образования и воспитания;

✓ научно-информационную основу для ратификации Конвенций экологической направленности;

✓ интенсификация национального и транснационального экотуризма.

На втором этапе необходима разработка Национальных планов действий, как по водным ресурсам, так и по другим природным сферам с целью охраны окружающей среды для обеспечения экологической безопасности в целом, что позволит обеспечить:

✓ повышение эффективности водопотребления и водопользования региона на основе новых водо- и энергосберегающих и экобезопасных технологий;

✓ эффективное высокорентабельное использование имеющихся водных ресурсов в коротких технологических цепях;

✓ надлежащую стоимостную оценку эксплуатируемых водных ресурсов и повышение коммерческого уровня местного ресурсного потенциала водных объектов в целом;

✓ внедрение новых способов и стандартов санитарно-экологической сертификации устойчивого качественного жизнеобеспечения людей;

✓ действенное сохранение ландшафтного и биологического разнообразия;

✓ методологическую и информационно-дифференцированную основу для устойчивого развития водопотребления и водопользования;

✓ схемы развития и пути ликвидации экологически аварийно опасных ситуаций;

✓ максимальное вовлечение рекреационного потенциала в практику здорового образа жизни и медицинской реабилитации населения.

Проведенный РУП «ЦНИИКИВР» в 2016-2017 гг. анализ уровня антропогенной нагрузки на малые водотоки в пределах крупных населенных пунктов Республики Беларусь показал, что антропогенную нагрузку по комплексу пока-

зателей (водопользование, изменение условий и режима стока и ухудшение качества воды по длине водотока) испытает большинство малых водотоков в пределах крупных населенных пунктов.

Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» предусматривает комплексное решение вопросов, связанных с использованием водных объектов, включая рационализацию использования водных ресурсов при соблюдении интересов всех водопользователей, охраной водных объектов, в том числе реализацией мер и внедрением механизмов, способствующих улучшению качества сточных вод, а также с предупреждением негативного воздействия вод и обеспечением безопасности гидротехнических сооружений (Постановление Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2012 г. № 350 «О федеральной целевой программе «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах»).

7 регионов России вошли в пилотный федеральный проект по экологической реабилитации рек. Программа экологической реабилитации малых рек Московской области стартовала в 2016 году. Реабилитация предполагает более комплексный подход, чем обычная расчистка реки. При этом обязательно осуществляется модернизация очистных сооружений.

Слабая изученность малых водотоков, в том числе и трансграничных, не позволяет в полной мере дать оценку экологического состояния средних и больших рек. Для достижения экологического благополучия трансграничных водных объектов требуется особый подход, основанный на концепции управления водными экосистемами в условиях международного сотрудничества. В соответствии с принятым в 2014 г. Водным кодексом Республики Беларусь (Закон Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. № 149-З) в стране реализуется бассейновый принцип управления в области охраны и использования вод, в котором заложена необходимость разработки планов управления речными бассейнами основных водотоков страны – Днепр, Западная Двина, Западный Буг, Неман и Припять. При этом предыдущей редакцией Водного кодекса Республики Беларусь от 15 июля 1998 г. определялась необходимость разработки и реализации схем комплексного использования и охраны водных ресурсов (СКИОВР), как систематизированных материалов исследований и проектных разработок о состоянии, перспективном использовании и охране водных объектов на уровне крупных речных бассейнов.

РУП «ЦНИИКИВР» в период 2008-2014 гг. разработал СКИОВР для бассейнов рек Неман, Днепр и Западная Двина. Однако при разработке СКИОВР ряд международных принципов организации системы бассейнового управления был учтен только частично, поскольку на тот момент они еще не были имплементированы в национальное законодательство.

После вступления в силу Водного кодекса в Республике Беларусь на основе разработанных СКИОВР начали разрабатываться планы управления речными бассейнами. В период 2015-2017 гг. РУП «ЦНИИКИВР» разработаны проекты планов управления речными бассейнами Днепра, Западного Буга и Припяти на территории республики.

В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации схемами комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) устанавливается перечень водохозяйственных и иных мероприятий, а также предполагаемый объем необходимых финансовых ресурсов для реализации Схемы (статья 33 ВК РФ). Так как СКИОВО представляет собой прогнозный документ, а не программу прямого действия, состав мероприятий носит рекомендательный характер и должен учитывать мероприятия, включенные в утвержденные органами исполнительной власти программы, а также мероприятия, рекомендуемые для включения в федеральные и ведомственные целевые программы после выполнения по ним предпроектных проработок.

В целом, проводимые в обеих странах исследования водосборов малых рек показали, что для сохранения и улучшения экологического состояния для малых трансграничных водотоков бассейна необходимо использование следующего состава водоохранных мероприятий:

– соблюдение правил хозяйствования в пределах водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов, включая работы по ликвидации источников их загрязнения;

– ограничение степени сельскохозяйственной освоенности и мелиорированности в пределах 30-35 %;

– ограничение рубки в пределах санитарной зоны, запрет на сплошную рубку леса;

– организация экологически защищенных полигонов сбора бытовых отходов в населенных пунктах, расположенных по берегам малых рек;

– мелиорация русел водотоков;

– проведение гидрологического обоснования объемов изъятия поверхностных вод с учетом минимально допустимого экологического расхода, величина которого не может быть меньше 75% расхода 95% обеспеченности меженного стока;

- ограничение регулирования русловой сети (создание водохранилищ и прудов), изменения русловых процессов;

– оптимизация сети наблюдений за гидрологическим и гидрохимическим режимом на притоках первого порядка.

Предлагаемые мероприятия являются долгосрочными и подлежат выполнению в процессе хозяйственной деятельности на территории водосборов трансграничных водотоков.

Выполнение предлагаемых общих и бассейновых водоохранных мероприятий позволит сохранить и улучшить экологическое состояние малых и средних трансграничных водотоков.

Для обеспечения охраны водных объектов и рационального использования природно-ресурсного потенциала одним из действенных организационно-профилактических мероприятий является установление границ водоохранных зон и соблюдение режима их использования. Проблемы определения размеров таких зон и режима хозяйственной деятельности с учетом современных технологий для рационального использования природных ресурсов без ущерба окружающей среде являются весьма актуальными.

В условиях трансграничного характера речных бассейнов требуются целенаправленные совместные действия России и Беларуси на основе научных исследований для комплексного решения имеющихся экологических проблем.

Заключение. Настоящее исследование направлено на развитие интеллектуального управления водными ресурсами в бассейнах трансграничных рек. Оно касается формирования инновационного подхода к решению проблемы сокращения водных ресурсов на совместно управляемых территориях водосборных бассейнов трансграничных рек. Методически обосновано создание информационной сигнальной базы воздействия на водные ресурсы как единого банка данных сторон-участниц. Предложено аналоговое моделирование способов компенсации экологического ущерба при использовании трансграничных рек.

УДК 631.117

ОБОСНОВАНИЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ И МЕТОДОВ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

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

Основными задачами экологического мониторинга орошаемых земель являются: сохранение структуры почв как основы их плодородия, качества поверхностных и поземных вод, предупреждение переувлажнения и подтопления окружающих территорий. Для выполнения этих задач необходимо обосновать технологии поливов, обеспечивающие эффективное использование оросительной воды посредством снижения поверхностного стока и инфильтрации воды в зону аэрации.

При промывном режиме орошения завышение поливных норм составляет 30-50% [1], что обусловлено недостаточным учетом негативных изменений водно-физических свойств почвенного профиля, определяющих запасы доступной растениям воды и рациональные поливные нормы, а также устойчивость почв к водной и ветровой эрозии.

Водопроницаемость верхнего слоя орошаемых почв снижается в результате разрушения макроагрегатов под действием давления с/х машин, ударов капель дождя и перепадов температуры почвы, особенно резких в случае ее иссушения перед поливом ниже влажности разрыва капилляров (ВРК) [2]. Снижение поглощающей способности почвы закономерно приводит к увеличению поверхностного стока талых и поливных вод, возрастанию рисков эрозии и загрязнения водоисточников продуктами сноса.

Водопроницаемость нижних слоев снижется в результате дезагрегации, обусловленной их постоянным переувлажнением, что приводит к необходимости уменьшения расчетной интенсивности дождя и увеличению поливного периода [3]. При завышении интенсивности дождя происходит вынос илистых частиц из пахотного горизонта в подпахотный (иллювиирование), снижение в нем содержания активных капиллярных пор и капиллярной проводимости КП [4,5].

В уплотненном подпахотном горизонте при существенном уменьшении КП снижается скорость восходящего капиллярного движения воды и эффективность использования ее запасов из нижних слоев. Часть поливной нормы (Δm) становится недоступной растениям и пополняет запасы воды в зоне аэрации, обусловливая подъем уровня грунтовых вод.

По результатам полевых исследований водного режима орошаемых типичных и карбонатных черноземов установлено, что «исчерпание доступной растениям воды в слое 10 см в фазу кущения и в слое 30 см в дальнейшие фазы развития вызывает необходимость в поливах вследствие малой капиллярной проводимости» [6]. В этом случае расчет поливной нормы m по мощности корнеобитаемой зоны $h_{кз}$, равной 0,6 м, приводит к ее завышению в два раза. Рекомендуемые значения $h_{кз}$ зерновых культур для второй половины вегетационного периода составляют 0,4-0,9 м (Справочник «Мелиорация и водное хозяйство. Орошение.» М., 1990).

Для черноземов Западной Сибири рациональная глубина увлажнения составляет не более 0,40 м, увеличение мощности увлажняемого слоя и поливных норм приводит к увеличению инфильтрации и развитию эрозионных процессов [7]. Обоснование рациональной глубины увлажнения почвы при поливах (h*) с учетом особенностей строения почвенного профиля является одной из основных современных задач мелиоративного почвоведения (Зимовец Б.А., Кауричева З.Н. 1984).

По результатам измерения влажности почвы перед поливом можно определить значение Δ m, соответствующие запасам легкоподвижной капиллярной воды в пределах расчетной глубины увлажнения (h_p). При поливной норме m = h_p (ВП – НП), где ВП и НП – верхний и нижний пределы увлажнения почвы рациональную глубину можно рассчитать по формуле:

$$h^* = h_p - \Delta m / ВП - НП, м \quad (1)$$

Значения ВП следует принимать менее НВ, используя для их расчета эпюры влажности после полива, соответствующие ВРК на подошве расчетного слоя почвы. Для ряда черноземных почв по результатам полевых исследований баланса почвенной влаги ВП = 0,8 НВ (Браун.В.А., Решеткина Н.М. 1988, Жученков К.К., Колясев Ф.Е.,1954)., при НП равном 0,7 НВ поливные нормы рекомендуется принимать равными 0,10 НВ [8]. Значения ВРК закономерно возрастают с увеличением содержания пылеватых частиц диаметром 0,005-0,010 мм, а высота капиллярного поднятия и капиллярная проводимость возрастают с увеличением крупно-пылеватых частиц диаметром 0,01–0,05 мм [9].

На плужной подошве с малой водопроницаемостью в годы с повышенным количеством осадков формируется верховодка и происходит переувлажнение земель. В Краснодарском крае регулярное переувлажнение черноземов приводит к их полной деградации в результате развития выщелачивания, слитизации и осолодения. Водопроницаемость почв снижается до 0,01…0,001 м/сут, резко уменьшаются запасы активной влаги. Анализ результатов проведенных за 25 -30 лет

таких мелиоративных мероприятий как глубокое рыхление, кротование, закрытый дренаж глубиной 0,6 – 0,8 м, показал их слабую эффективность и недолговечность (Шевченко Г.В., Черниченко И.Д., 2000).

Для обоснования системы мелиоративных мероприятий, предупреждающих переувлажнение и заболачивание почв, необходимо по результатам мониторинга орошаемых земель построить карты распространения плужной подошвы с указанием ее водно-физических характеристик. Формирование плужной подошвы на орошаемых землях происходит, прежде всего, в понижениях рельефа тяжелых почв, которые необходимо обследовать в первую очередь. На первом этапе мониторинга следует оценить изменения плотности и содержания илистых частиц по сравнению с их значениями на неорошаемых аналогах. Для оценки изменения строения почвенного профиля по площади орошения перспективным является геолокационный метод, основанный на измерении отраженных электромагнитных импульсов в слоях почвы с различной диэлектрической проницаемостью (Пягай Э.Т., 2010). По результатам первого этапа можно обосновать размещение объектов для определения на них водопроницаемости и капиллярной проводимости.

В качестве экспресс-метода рекомендуем использовать кривые водоудерживания (ОГХ), установленные на капилляриметре. Водопроницаемость почв закономерно растет с увеличением содержания пор аэрации диаметром более 100 мкм (n*), а капиллярная проводимость – с увеличением активной пористости (n_a) соответствующей диапазону капиллярного потенциала 15 …35 КПа.

Отбор монолитов почвы производят на опытных площадках, размещенных в пределах основных севооборотных массивов (производственные объекты) и на неорошаемой площади (аналоги). До глубины z = 100 см отбор производят через 10 см, в зоне 100–300 см через 25 см в трехкратной повторности. По результатам ОГХ строят эпюры n*(z) и $n_a(z)$ и рассчитывают соотношение этих показателей на массивах орошения и аналогах для пахотного и подпахотного горизонтов.

На площадках с максимальной и минимальной степенью изменения параметров во времени рассчитывают объем оросительной воды, поданный за весь период орошения (W) и оценивают скорость изменения характеристик порового пространства для принятой технологии поливов. Там же производят определение водопроницаемости методом заливаемых площадок, определяя установившуюся скорость впитывания $V_{уст}$, а также профили влажности до начала опыта $\theta_1(z)$ и после его завершения $\theta_1(z)$.

По профилям влажности можно установить зависимость дефицита влажности от глубины увлажнения $\Delta\theta(z)$ в виде $\Delta\theta = a/z^{\beta}$ и зависимость объема поглощенной воды в виде $W_{пог} = в(z)^{c}$. Например, по эпюрам влажности темно-каштановой почвы через трое и 20 суток после увлажнения площадки (Жученков К.К., Колясев Ф.Е.,1954), при ВРК = 26% на подошве расчетного слоя почвы получена зависимость $W_{пог} = 70\ z^{1,5}$, мм. Для глубины увлажнения 0,40 – 0,60 – 0,80 – 1,0 м запасы активной влаги и соответствующие им значения рациональной нормы полива m* составляют соответственно: 18 – 30 – 48 – 68 мм (таблица 1).

Значения параметра α*, соответствующие запасам активной воды в расчетном слое почвы, возрастают с глубиной увлажнения от 0,70 до 0,90, а потери

воды Δm, равные $100(m_1 - m^*)/m_1$, уменьшаются от 65 до 32%. В среднем потери равны 50%, в то время как по существующим рекомендациям они должны составлять 10% [7].

Для оценки изменения во времени водоудерживающей способности почвенного профиля значения m* рассчитывают и на площадках-аналогах.

Таблица 1 - Значения поливной нормы, рассчитанные по дефициту влажности (m*) и зависимости $m = h_p (ВП – ВРК)$ при ВП = НВ (m_1) и ВП = αНВ = 0,8 НВ (m_2) для темно-каштановой почвы

h_p , м	0,20	0,40	0,60	0,80	1,0
m* , мм	7,0	18,0	30,0	48,0	68,0
m_1 , мм	20	40	60	80	100
m_2 , мм	7,0	14,0	21,0	28,0	35,0
α*	0,70	0,75	0,78	0,84	0,90
Δ m, %	65	55	50	40	32

Отношение скоростей поглощения воды при напорном впитывания на заливаемой площадке ($V_н$) и дождевании изменяется во времени t в зависимости от динамики водопроницаемости и капиллярного потенциала почвы [3]. Зависимости отношения объемов поглощенной воды (ε) от lgt являются линейными: для каштановой почвы (Клепальский А.П., Корочков В.Н., Божкова А.Я.,1973) для периода 30–100 мин $ε = W_н/I$ t = 0,90lgt, для сероземной почвы по данным работы [3] установлена зависимость в виде ε = 11,0 - 4,5lgt.

Отношение достоковой нормы полива к ее значению при t =10 мин возрастает в этой почве по неизменной в период вегетации хлопчатника зависимости: ε* = 1,70(lgt – 0,50).

В случаях превышения I над скоростью капиллярного впитывания V_k глубина промачивания $h_{пр}$ снижается с увеличением интенсивности дождя (при неизменной поливной норме) вследствие формирования гравитационной воды и ее стока по крупным порам (языки промачивания). Если $I < V_{уст}$, достоковая поливная норма завышается по сравнению с рациональной, а потери в зону аэрации возрастают.

Экологически допустимую интенсивность дождя (I*), обеспечивающую заданную глубину увлажнения и норму m*, необходимо устанавливать по типам применяемой агротехники с учетом уклона поверхности, места поля в севообороте и сроков проведения поливов.

По экспериментально установленным зависимостям достоковой поливной нормы (ДПН) от интенсивности дождя с диаметром капель d можно рассчитать показатель безнапорной водопроницаемости почвы P [10], используя формулу (2):

$$P = ДПН \; I^{0,5} \; e^{0,65d} \text{ , мм} \qquad (2)$$

В зависимости от диаметра капель дождя, значения допустимой интенсивности дождя при заданной поливной норме могут изменяться в 4–5 раз, зависимости глубины увлажнения не устанавливаются.

По Костякову А.Н. допустимая интенсивность дождя изменяется в пределах 0,1–0,2 (тяжелые почвы), 0,2-0,3 (средние), 0,5–0,8 мм /мин (легкие почвы). В диапазоне интенсивности дождя I = 0,25–1,0 мм/мин зависимости m (I), рассчитанные по (2) при d = 1,0 мм, являются степенными в виде:

$$m = m_1/I^{0,5}, \text{ мм} \quad (3),$$

где: m_1 - показатель безнапорной поглощающей способности почвы (БПС), равный ДПН при I = 1,0 мм/мин.

Значения m_1, определяемые по результатам одного опыта при нулевом уклоне поверхности, можно использовать для сравнительной оценки почв по их безнапорной поглощающей способности, отражающей строение порового пространства в почвенном профиле.

Изменение значений m_1 по площади орошения указывает на влияние плужной подошвы, снижающей расчетную интенсивность дождя, поэтому площадки для определения значений I* следует выбирать на массивах орошения с разными значениями показателя БПС. Для оценки влияния орошения на капиллярные свойства почвы экспериментальное определение БПС необходимо производить также и на площадках-аналогах.

Взаимосвязь водопроницаемости и БПС характеризуется степенной зависимостью объемов поглощенной воды при напорном впитывании ($m_н$) и дождевании ($m_д$). Для сероземной почвы эта зависимость, установленная по опытным данным работы [3] в период времени t = 20…160 мин при интенсивности дождя 1,0 …0,35 мм/мин, имеет вид:

$$m_н = 11.0\ m_д^{0,60}, \text{ мм} \quad (4)$$

Динамика напорного поглощения воды в этой почве при напоре 0,05 м характеризуется зависимостью:

$$m_н = 27\ t^{0,30}, \text{ мм} \quad (5)$$

Для чернозема среднесуглинистого обыкновенного по данным работы [10] при t = 10…40 мин и I = 0.40…1,25 1,0…0,35 мм/мин установлены следующие зависимости:

$$m_н = 1,80\ t^{0,10}, \text{ мм} \quad (6)$$

$$m_н = 4,60\ m_д^{0,64}, \text{ мм} \quad (7)$$

Задавая значение расчетной поливной нормы m* при дождевании, из (4) или (6) при $m_д = m^*$, можно определить $m_н^*$, затем из (5) или (7) рассчитать время t* и установить экологически допустимую интенсивность дождя $I^* = m^*/t^*$.

Зависимость $m_н = f(m_д)$ является водно-физической характеристикой, позволяющей уменьшить объем опытов по дождеванию для определения I* при оценке изменения его значений по площади орошения.

Выводы

1. Запасы доступной растениям легкоподвижной капиллярной воды соответствуют диапазону равновесной влажности от НВ до ВРК, рациональную поливную норму m* можно рассчитать по профилям влажности до и после полива,

полагая на подошве расчетного слоя значение ВРК и используя зависимость дефицита влажности от глубины увлажнения.

2. Экологически допустимая интенсивность дождя I* должна обеспечивать не только отсутствие поверхностного стока, но также снижение потерь воды в зону аэрации, которые возникают при ДПН в случаях $I_д < V_{уст}$ вследствие гравитационного стока.

3. Для сравнительной оценки профиля почв по их безнапорной поглощающей способности можно использовать значение достоковой поливной нормы (ДПН), соответствующее I = 1,0 мм/мин и d = 1,0 мм (показатель БПС). Экологически допустимую интенсивность дождя необходимо устанавливать с учетом уклона поверхности поля, типа агротехники, места поля в севообороте, сроков проведения поливов.

Список использованных источников

1. Данильченко Н.В., Омельяненко С.И. Водосбережение и экологическая безопасность орошения в Нечерноземье // Мелиорация и водное хозяйство. 1992 – № 9-12.

2. Макарычева Е.А. Экспериментальное обеспечение моделей капиллярного движения воды в почве. // Сб. «Экспериментальная информация в почвоведении: теория и пути стандартизации» – М., МГУ, 2005. С. 126-127.

3. Макарычева Е.А.К обоснованию почвозащитных технологий орошения. // Сб. «Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель» М., 2004. С. 393-397.

4. Медведев В.В. Физические свойства и характер залегания плужной подошвы в разных типах пахотных почв // Почвоведение. – 2011. – № 12.

5. Чижикова Н.П. Изменение минералогического состава тонких фракций почв под влиянием агротехногенеза // Почвоведение. – 2002. – №7.

6. Астапов С.В., Шишков К.Н. Водный режим почвы при орошении яровой пшеницы на типичных и карбонатных черноземах. // Сб. «Орошение с/х культуры Центрально-черноземной полосе РСФСР». – М., 1952.

7. Панфилов В.П., Шапорина Н.А. Допустимые уровни увлажнения почв Западной Сибири при орошении. // Почвоведение. – 1990. – № 5.

8. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения. М., 2003.

9. Макарычева Е.А. Определение показателей капиллярных свойств почв при обосновании поливных норм. // «Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства в России» – М., 2013.

10. Ерхов Н.С. Оптимизация параметров водосберегающей технологии дождевания // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – № 5.

УДК 631.6.02: 626.81/85

РОБОТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ОДНОВРЕМЕННОЙ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА МЕМБРАННЫХ УСТАНОВКАХ

В.П. Максименко, С.А. Филиппов
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Вода – один из наиболее ценных ресурсов в мелиорации, только при ее соответствующем качестве можно получить высокие агроэкономические показа-

тели. В настоящее время состояние наших водных ресурсов ухудшается, повсеместное использование воды с последующим ее сбросом в водоисточник загрязняет водные системы.

Ухудшение качества воды, используемой для нужд хозяйственно-питьевого сельскохозяйственного водоснабжения и других потребителей, неблагоприятно влияет как на экологию, так и на экономику. В результате интенсификации антропогенной деятельности водные ресурсы загрязняются гербицидами, пестицидами, тяжелыми металлами, повышается общая ее минерализация. Формируется неблагоприятный ионный состав, что негативно отражается на почвообразовательных процессах при орошении. На восстановление плодородия таких почв затрачиваются колоссальные материальные и энергетические ресурсы. Особо неблагоприятный эффект от использования для орошения загрязненной воды проявляется в качестве продукции, а загрязняющие вещества по трофической цепочке «вода-земля-растение» попадают в организм человека.

Например, орошение водой с несбалансированным ионным составом по натрию и кальцию, сопровождается осолонцеванием почв, при котором происходит деградация почвы, ухудшаются условия произрастания культур, нарушается экология, падает продуктивность. Проблемы очистки воды возникли давно, и решения их различны. В области мелиорации мы задумываемся над созданием наиболее благоприятных условий для произрастания культур, для чего необходимы определенные условия, сформировать которые возможно путем применения различных инженерных решений при подготовке воды.

С целью устойчивого получения планируемых объемов растениеводческой продукции высокого качества создаются гидромелиоративные системы, направленные на поддержание комфортных условий произрастания сельскохозяйственных культур в изменяющихся климатических условиях, характеризующихся как избыточным естественным увлажнением территории, так и недостаточным. Как в первом, так и во втором случае, в производственный оборот вовлекаются водные ресурсы, качество которых по отношению к почвообразовательным процессам, условиям водопотребления сельскохозяйственных культур, формированию экологической безопасности на объектах производства продукции и питьевого водоснабжения людей, задействованных в этом производстве, не соответствуют определенным требованиям. При этом как на осушительных, так и на оросительных системах, существует технологический сброс воды, которая не всегда имеет нормативно допустимое качество.

Для повышения эффективности использования водных ресурсов создаются гидромелиоративные оборотные системы, в задачу которых входит использование сбросных вод для регулирования гидротермического режима на поле. Компонуются такие системы специальными устройствами, с помощью которых качество воды доводится до нормативных требований по количественным показателям. Когда мы говорим об очистке воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, мы говорим об очистке до предельно допустимых уровней. Для этого достаточно создание комплекса из механической, химической, физической, биологической и биохимической очистки. Когда речь идет об очистке воды для орошения необходимо создание определенных качеств и свойств воды. Как

показывает опыт и результаты научных исследований при подготовке воды и ее использовании для регулирования влажности почвы и удовлетворения требований растений более важным показателем является ионный состав, сформировать который можно с использованием мембранных установок.

Вода, предназначенная для орошения, должна содержать кальций, основные элементы питания растений и микроэлементы. Для этого недостаточно одной мембраны, а необходима система различных мембран. Такая система была предложена ранее, содержит инженерно-технические решения по модульной мембранной водоподготовке с использованием различных мембран (рис. 1) [1].

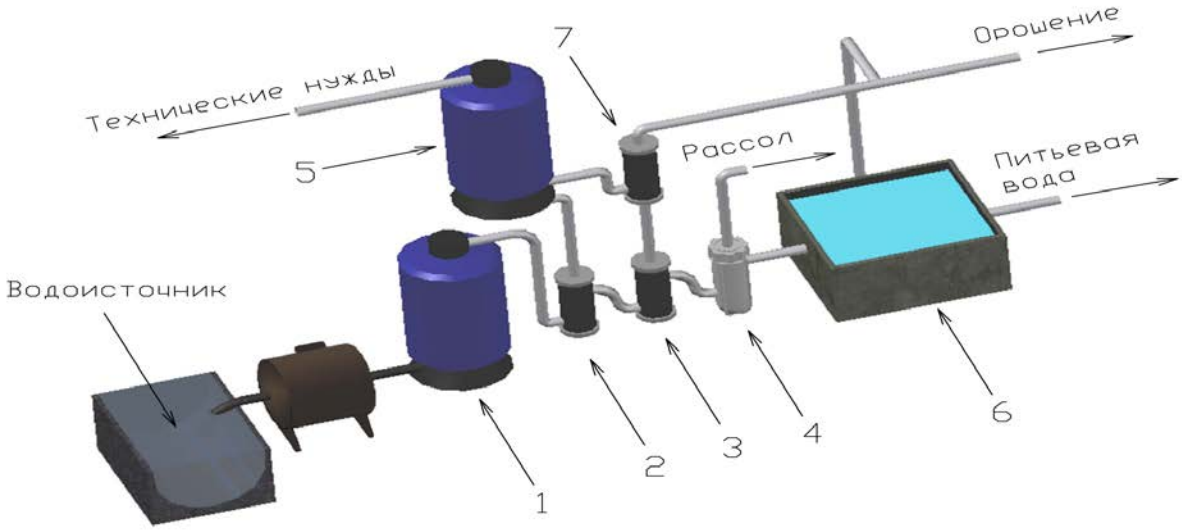


Рисунок 1 - Принципиальная схема установки подготовки воды для орошения [1]

Предложенная система сможет контролировать ионный состав воды, а при правильном подборе фильтров возможно создавать необходимое ионное качество ее для направленного формирования условий питания сельскохозяйственных культур с учетом их биологических особенностей. Хотя и существует ряд проблем, связанных с механизмом переноса в обратном осмосе, исследования данных технологических процессов проводятся по мере разработки новых инженерных решений и будут совершенствоваться.

Процессы обратного осмоса и нанофильтрации схожи по механизму разделения. Однако на сегодняшний день не существует единой теории, которая могла бы описать эти процессы и эффекты при использовании мембран без пор (процесс диффузии) и мембран с порами, где происходит диффузия с конвективным переносом.

Большой вклад в разработку моделей обратноосмотических процессов осуществлен отечественными исследователями – сотрудниками кафедры мембранной технологии РХТУ им. Д.И. Менделеева (МХТИ), МГСУ (МИСИ), МГУИЭ (МИХМ), ВНИИВОДГЕО, НПО «Полимерсинтез» и др. Также предпринимались

попытки обобщения мирового опыта и предлагались теоретические основы процессов мембранного разделения, методы расчета рабочих параметров установок [2-6].

Модели данных процессов необходимы для совершенствования системы водоподготовки, используя их можно создать полностью автоматизированную систему. Водоподготовка, как никакой другой процесс, нуждается в автоматическом управлении, и при орошении обеспечит контроль, наблюдение и своевременное изменение тех или иных показателей. Введение компьютеризованной системы может обеспечить многоплановый контроль за происходящими процессами в установке, а также заблаговременный прогноз изменений в технологическом процессе при возможных отклонениях проектных входных и выходных данных водного потока. Таким образом, применение систем роботизации в установках водоподготовки способствует контролю ионного состава, качественному и рациональному распределению полученного водного состава, а также мгновенной корректировки установок водоподготовки при расхождении полученного состава и проектного.

Обратив внимание на принципиальную схему (рис.1), мы можем обозначить некоторые «особые места» прохождения потока воды в системе, нуждающиеся в автоматизации при орошении:

- на пути от водозабора (водоисточника) до пункта назначения (вывод воды на орошение) – на данной стадии вносятся данные об ионном составе забираемой воды и требования к воде, исходя из условий агрохимического состава мелиорируемой почвы и биологических особенностей возделываемой культуры;

- в модулях 2,3,4,7 (мембранные установки) контроль состава воды с целью дальнейшей его корректировки, а также оценка состояния работоспособности мембран;

- на стадиях смешения воды, прошедшей через мембрану 7 и питьевой воды из распределительного блока 6 – для получения точного ионного состава поливной воды.

Таким образом, использование данной установки в совокупности с автоматизированной системой управления технологическим процессом позволит создать полностью контролируемый процесс водоподготовки, обеспечивающий заданное качество воды по ионному составу. Включение такого модуля в гидромелиоративную систему двустороннего действия позволит реально создать полностью оборотную систему.

Необходимо отметить, что без должного контроля за протекающими в установке (модуле) процессами только на основе измерения параметров датчиками уже недостаточно, так как основные процессы происходят на мембране, которая закрыта для прямой визуальной оценки ее состояния, а датчики фиксируют уже совершившийся процесс или его нарушение. Для эффективной и гарантированной работы такого модуля необходимо, кроме математической модели, описывающей процесс разделения ионов, использовать визуализацию.

В последние годы все более востребованными становятся возможности систем виртуального окружения (ВО), позволяющие воспроизводить в виртуальной среде объекты (их структуру, вид, поведение и взаимодействие), которые в

режиме реального времени могут копировать поведение своих прототипов, находящихся и функционирующих в реальной среде. Эти возможности можно кратко охарактеризовать как «видеть невидимое», точнее, получить изображение объектов наблюдения без использования средств прямого оптического видения [7].

Система ВО, в которой воспроизводятся реальные события, происходящие с объектами, предоставляет гораздо более мощные возможности по сравнению с телевизионными системами, прежде всего заключающиеся в принципиальном отсутствии ограничений на свободу передвижения наблюдателя внутри виртуального пространства. Такие системы ВО имеют ярко выраженные функциональные особенности - реальные объекты фактически управляют своими «виртуальными двойниками». В работах В.О. Афанасьева с коллегами была реализована технология, в которой поведение виртуальных объектов индуцируется поведением реальных объектов. Поэтому созданную визуальную среду назвали Индуцированным Виртуальным Окружением [8].

Следует заметить, что в реальности увидеть развитие процессов, происходящих в мембранах, невозможно, так как эти процессы протекают на молекулярном уровне. Таким образом, воссоздание осмотических процессов, на основе данных моделирования и визуализация этих процессов, несомненно, даст нам возможность более точно корректировать ионный состав и минерализацию воды, при которой обеспечиваются благоприятные условия почвообразовательных процессов и формирования биомассы, особенно ее качества.

Список использованных источников

1. Максименко В.П., Стрельбицкая Е.Б., Зайцев С.А. Об инженерно-техническом решении экологических проблем водопользования в сельском хозяйстве // Экология и промышленность России. – 2015. – Т. 19. - № 1. – С. 4 – 7.

2. Анисимов С.И., Орлов Н.С. Исследование массопереноса при деминерализации разбавленных растворов сильных электролитов обратным осмосом // Мембраны и мембранные технологии. - 2018. - Т8. - № 6. – С. 381-387.

3. Жилин Ю.Н., Анисимов С.И. Оценка энергетических затрат опреснения солоноватых вод обратным осмосом // Химическая промышленность сегодня. - 2017. - № 6. - С. 30-35.

4. Орлов Н.С., Анисимов С.И. Технико-экономическое обоснование разработки систем опреснения на основе традиционных и возобновляемых энергоресурсов // Современные наукоемкие технологии: региональное приложение. - 2018. - № 1. - С. 95-112.

5. Анисимов С.И. Некоторые особенности переноса электролитов через обратноосмотические мембраны // Успехи в химии и химической технологии. - 2015. - Т.29. - № 2. - С. 119-122.

6. Анисимов С.И. Исследование массопереноса при обратноосмотическом разделении растворов электролитов // Успехи в химии и химической технологии. - 2016. - Т.30. - № 2. - С. 111-113.

7. Филиппов С.А. Применение робототехники для совершенствования комплексной безопасности // Доклады ТСХА: сборник материалов Международной научной конференции, посвященной 175-летию К.А. Тимирязева; РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; Москва, 6-8 декабря 2018 года. – Выпуск 291. – Ч. III. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2019. – С. 115-117.

8. Афанасьев В.О., Байгозин Д.А., Батурин Ю.М., [и др.] Системы визуализации и виртуального окружения в задачах исследования космоса: настоящее и будущее // в книге «Космонавтика XXI века. Попытка прогноза развития до 2101». - Под редакцией академика РАН Б.Е. Чертока. - М.: Изд-во «РТСофт», 2010. - С.185-256.

УДК 627.157

ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ КАК ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

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

Антропогенное воздействие на окружающую среду в современных условиях продолжает усиливаться. Наиболее сильно подвержены прямому воздействию хозяйственной деятельности человека водные объекты. Повсеместное ухудшение состояния городских водоемов является одной из глобальных экологических проблем, потому что все они в той или иной степени подвержены антропогенному прессингу, что негативно отражается на качестве воды, жизнедеятельности гидробионтов и водной растительности, состоянии поверхности водоемов и прибрежной зоны. Находящиеся в городской черте водоемы, особенно бессточные и слабопроточные, фактически превращаются в накопители разнообразных городских отходов. Неудовлетворительное экологическое состояние таких водоемов оказывает соответствующее влияние на здоровье населения и может способствовать возникновению неблагоприятной эпидемиологической обстановки. Кроме того, внешний вид загрязненных водоемов нарушает эстетическую картину города [1].

Антропогенными факторами загрязнения водных объектов являются: сточные воды промышленных предприятий, населенных пунктов, животноводческих комплексов, смывы с мест разработки полезных ископаемых, судоходство, дождевые и ливневые смывы с водосбросных площадей (в том числе с территорий городов, поселков, сельскохозяйственных угодий), загрязненные атмосферные осадки, химизация сельского хозяйства. Загрязненными считаются воды, в которых содержание отдельных компонентов химического состава превышает их средние многолетние концентрации и количества, допустимые санитарными нормами, а также те воды, в которых обнаруживаются вещества, не свойственные им в естественном состоянии (нефтепродукты, фенолы, пестициды, поверхностно-активные вещества) [2].

Бассейны рек представляют собой ландшафтно-геохимическую систему, состоящую из совокупности связанных между собой потоками вещества и энергии автономных и подчиненных элементарных ландшафтов, в которой водные объекты являются конечным звеном аккумуляции большей части подвижных токсичных веществ [3]. Миграция загрязняющих веществ и поступление их в водные объекты приводит к загрязнению водных объектов различными химическими элементами и их соединениями.

В практике экологического мониторинга в настоящее время не проводится оценка уровня загрязнения донных отложений (ДО). Однако ДО играют роль аккумуляторов загрязняющих веществ и являются интегральным индикатором антропогенной нагрузки на окружающую среду [4]. Индикационная роль ДО состоит в их геохимической консервативности, которая отражает способность накапливать стойкие вещества и токсичные элементы. Донный грунт и водная

толща связаны между собой условиями равновесия. Как результат, изменения в одном из компонентов (например, загрязнение) приводит к изменению второго. Поэтому наблюдения за загрязненностью ДО становятся неотъемлемой частью мониторинга состояния водных объектов.

С одной стороны, аккумулируя тяжелые металлы, высокотоксичные органические вещества, ДО оказывают содействие самоочищению водной среды [5]. Однако, с другой стороны, буферная способность отложений относительно загрязнителей не безгранична; даже при полном прекращении поступления загрязнителя в водотоки, ДО продолжительное время являются вторичным источником загрязнения водной массы, биоты, пойменных ландшафтов [6].

Исследование донных отложений (ДО) является важнейшим аспектом изучения экологического состояния водных объектов. ДО наиболее адекватно отражают их современное состояние и несут информацию о загрязнении вследствие инженерно-хозяйственной деятельности на данной территории. Состав поступающих в грунты тяжелых металлов определяется видом антропогенной деятельности. Городское строительство и коммунальное хозяйство, промышленность, горные разработки, сельское хозяйство и др. способствуют поступлению и аккумуляции загрязняющих веществ в ДО близлежащих поверхностных водотоков. Верхняя часть литосферы (почвы, горные породы, донные отложения поверхностных водотоков и водоемов) играет роль аккумулятора и трансформатора техногенного воздействия и является индикатором его уровня. Практически для всех освоенных территорий в аквальных ландшафтах происходит формирование литогеохимических аномалий в ДО. Спецификой этих аномалий является тонкодисперсный состав осадков, их повышенная пластичность, наличие частиц техногенного происхождения, маслянистость [7].

Определение экологического состояния донных отложений должно несомненно рассматриваться с позиции принципа превышения, т.е. вполне установленного основного тезиса – потенциальный токсичный эффект вещества (элемента) пропорционален превышению содержания этого вещества в окружающей среде над фоновым содержанием. Для донных отложений отсутствуют нормативы загрязнения (ПДК, ОДК и др.). Поэтому при экологическом картировании с использованием геохимических показателей выделяют районы антропогенного загрязнения и определяют влияние природных геологических процессов на состояние окружающей среды, посредством определения характеристик регионального геохимического фона. При этом интенсивность загрязнения или фактор загрязнения отражает связь между концентрацией загрязняющего компонента в современных отложениях и природной фоновой концентрацией.

Природный фоновый уровень может быть определен несколькими способами, в данном контексте отметим лишь одну альтернативу. Она состоит в том, чтобы установить общий геологически выверенный уровень оценки с тем, чтобы использовать этот стандартный уровень для сравнения. Так, для определения степени загрязнения донных отложений тяжелыми металлами Г. Мюллер [8] предлагает пользоваться так называемыми «игео-классами», или «индексами геоаккумуляции». В этом случае геохимическая фоновая концентрация элемента

определяется по данным специальных региональных исследований. Этот показатель является основанием для подразделения донных отложений на различные классы качества. На протяжении многих лет эта система классификации широко используется исследователями.

Приоритетными загрязнителями вод являются тяжелые металлы (ТМ), органические вещества и соединения биогенных элементов. Тяжелые металлы (свинец, кадмий, никель, цинк, медь и другие) обладают выраженной мутагенной и канцерогенной активностью. Регламентация загрязнения пресноводных экосистем ТМ основана на определении их содержания в воде, хотя значительная их часть мигрирует в составе взвешенных веществ и оседает на дно. Участвуя в разнообразных процессах, ТМ изменяют свою биологическую доступность и, соответственно, токсичность.

В прикладной геохимии в качестве минимально-аномальных практикуется использование показателей глобальной распространенности элементов, например кларков земной коры, литосферы, горных пород, гидросферы и т.д. Вероятно, кларки и другие глобальные показатели абсолютной распространенности химических элементов определяют безопасные для живых организмов уровни их содержания в окружающей среде [9]. Эти значения являются базовыми при подсчете коэффициентов концентрации (кларков концентрации), по которым можно судить о степени накопления элемента-загрязнителя в какой-либо геохимической системе или ее таксономической части (формула 1). Коэффициенты концентрации, подсчитанные по отношению к геохимическому фону, называются коэффициентами аномальности (контрастности):

$$K_c = \frac{C}{C_{\text{ф}}} \qquad (1)$$

где: C – содержание элемента в исследуемом объекте (почве, ДО), $C_{\text{ф}}$ – фоновое содержание.

При выработке экологических нормативов микроэлементного состава почв и ДО следует опираться на природные инварианты содержания микроэлементов в почвах, горных породах, современных осадках (ДО). За уровень предельно допустимой концентрации микроэлементов в этих грунтах следует принять превышение среднего регионального фонового содержания на три средних квадратичных отклонения, при уровне вероятности P = 0,99. Коэффициент концентрации ($К_с$) отражает интенсивность загрязнения. В.И. Савич [10] приводит шкалу опасности загрязнения (таблица 1).

В «Методических рекомендациях…» [11] для характеристики качественной и количественной оценки геохимической ассоциации исследуемого объекта предложено использовать формулу геохимической ассоциации, которая представляет собой упорядоченную по значениям $К_с$ совокупность (ранжированный ряд) химических элементов. Как правило, ассоциация, характерная для определенного вида (источника) воздействия, отличается своеобразным количественным сочетанием (соотношением $К_с$) элементов.

Таблица 1 - Уровень загрязнения по В.И. Савич [10]

Коэффициент концентрации ($К_с$)	**Уровень загрязнения**
1-2	Минимальный
2-4	Слабый
4-8	Средний
8-16	Сильный
16-32	Очень сильный
>32	Максимальный

Валовое содержание ТМ является важным показателем, однако оно четко не определяет опасность токсических эффектов при вторичном загрязнении водных масс. Для оценки возможного вторичного загрязнения более важным показателем является содержание и распределение ТМ по формам существования в твердой фазе и поровом растворе ДО. Сравнение массы ТМ в твердой фазе и поровом растворе 10-сантиметрового слоя ДО показывает, что доля ее в поровом растворе крайне незначительна – в пределах 2-3%. Необходимо подчеркнуть, что роль порового раствора в процессах вторичного загрязнения водных масс водохранилища не ограничивается запасами растворенных элементов. Часть ТМ, закрепленная в твердой фазе ДО, в определенных условиях переходит в поровый раствор и далее в водную массу, и переход ТМ из ДО в водную массу осуществляется транзитом через поровый раствор.

Заключение. Для реализации водоохранных задач необходима обобщенная информация о водных объектах, способствующая комплексной оценке, как степени их загрязненности, так и способности к самоочищению, с учетом усовершенствованных принципов ведения мониторинга, современных методов сбора, обработки, хранения и передачи информации и возможности применения вычислительной техники. Такую информацию могут дать ДО водных объектов, которые играют роль аккумуляторов загрязняющих веществ и являются интегральным индикатором антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Список использованных источников

1. Румянцев В.А., Игнатьева Н.В. Система ранней диагностики кризисных экологических ситуаций на водоемах. – СПб.: ВВМ, 2006. 152 с.

2. Кривошеин Д.И., Кукин П.П., Лапин В.А. и др. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2003. 344 с.

3. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 328 с.

4. Техногенное загрязнение речных экосистем / под ред. В.Е. Райнина и Г.Н. Виноградовой. М.: Научный мир, 2002. 140 с.

5. Линник П.Н. Влияние различных факторов на десорбцию металлов из донных отложений в условиях экспериментального моделирования // Гидробиол. журн. 2006. Т. 42. № 3. С. 97–113.

6. Мартынова М.В. Аккумуляция биогенных веществ в донных отложениях и внутренняя биогенная нагрузка. // Антропогенное перераспределение вещества в биосфере / под ред. И.С. Коплан-Дикс, Е.А. Стравинской. Л.: Наука, 1993. С. 85–104.

7. Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Аверкина Т.И., Самарин Е.Н. Характеристика состава донных отложений озера Селигер и Иваньковского водохранилища // Материалы Восемнадцатой ежегодной конференции «Сергеевские чтения» памяти академика Е.М. Сергеева «Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи». М.: Изд–во РУДН, 2016. С. 58–62.
8. Müller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins -Veränderungen seit 1971//Umschau. 1979. № 24. P. 778-773.
9. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Сает др. М.: Недра, 1990. 335 с.
10. Савич В.И., Парахин Н.В., Сычев В.Г. и др. Почвенная экология. - М.: Изд-во ГАУ, 2002. - 546 с.
11. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами. // Составители: Ю.Е. Сает, Л.Н. Алексинская, Е.П. Янин. М: ИМГРЭ, 1982. 73 с.

УДК 338.439.01

ПЛАТФОРМА ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Л.Н. Медведева[1,2]
[1]ФГБНУ ВНИИОЗ, г. Волгоград, Россия;
[2]Волжский политехнический институт (филиал ВолгГТУ), г. Волгоград, Россия

В XXI веке человечество продолжает сталкиваться с проблемами глобального значения (изменением климата, загрязнением вод и воздуха, утерей биоразнообразия, чрезмерной эксплуатацией природных ресурсов, деградацией земель), препятствующих устойчивому развитию экономики. Одной из областей исследования, является поиск качественно новых подходов в развитии сельских территорий [1]. Одной из стартовых площадок является продвижение природоподобных технологий, как в производстве, так и в обустройстве жизни. Применение данных технологий должно позволить восстановить нарушенный баланс между биосферой и техносферой. Одной из программ, которая призвана обеспечить устойчивое развитие, является Программа ООН «Глобальная экологическая перспектива – 6» (GEO-6). Разработчики программы поставили перед собой цель: найти модели управления экономикой, сочетающие в себе эффективную экологию и развитое предпринимательство. Действием, запускающим данную программу, является на начальном этапе реализация пилотных проектов. Экспериментальной площадкой (пилотным проектом) могут быть специализированные тестовые полигоны (тестбеды), «живые лаборатории», а также сельские поселения. Во флагманском исследовании, проводимым ФГБНУ ВНИИЗ совместно с Волжским политехническим институтом (филиал ВолгГТУ), рассматриваются варианты создания на Юге России сельских поселений на платформе природоподобных технологий [1, 2]. В предлагаемой концепции сельских поселений, эффект синергии достигается за счет экологической трансформации производств и достижения компромисса между социальными и экономическими целями развития общества. Природоподобные технологии (конвергентные или НБИКС) включают в себя: нанотехнологии, биотехнологии, информационные,

когнитивные и социо-гуманитарные технологии [3]. В общем виде идея инсталляции природоподобных технологий в окружающий мир сводится к следующему: на «основе», создаваемой с помощью нанотехнологий, выстраивается симбиоз эколого-информационных продуктов. Для понимания такой природы вещей потребуется и изменение сознания людей, введение в экономику социогуманитарной составляющей. Если в традиционном производстве, цепочки создания добавленной стоимости выстраиваются по алгоритму: чем выше переработка продукта, тем выше добавленная стоимость, ценность конечного продукта. При использовании природоподобных технологий, цена продукта зависит от степени его воздействия на окружающей мир, на соотношение баланса интересов между человеком и природой. Инновационные биотехнологии и трудовые ресурсы становятся все более актуальными в определении экономической эффективности сельскохозяйственного производства. Одним из факторов развития национальной экономики являются трудовые ресурсы – основная сила, генерирующая идеи, производящая товары и услуги. Немаловажное значение имеет пространственное распределение трудовых ресурсов – их концентрация или рассеянность в пределах отдельных субъектов Федерации [1]. По международным стандартам трудоспособным населением считается совокупность лиц в возрасте от 16 – 54 лет для женщин, 16 – 59 лет для мужчин, способных по своим психофизиологическим данным активно участвовать в трудовом процессе. Сельское трудоспособное население обеспечивает Россию продовольствием, сырьем; сохраняет территориальную целостность, что обусловливает актуальность создания на сельских территориях экологически благоприятных условий для жизни. Согласно данным Росстата, численность трудоспособного населения России составляет – 82,2 млн. человек (мужчины в возрасте 15 – 65 лет, женщины 15 – 60 лет) [4]. В 2018 году доля граждан пенсионного возраста составила – 37,3 млн. человек, а число работоспособного населения – 82,2 млн. чел. Прогнозные варианты численности населения России представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Прогнозная численность населения в России до 2035 года

Год	Пессимистический вариант прогноза				Оптимистический вариант прогноза			
	Население на начало года	Изменения за год			Население на начало года	Изменения за год		
		общий прирост	естественный прирост	миграционный прирост		общий прирост	естественный прирост	миграционный прирост
2018	146880,4	- 154,6	- 270,3	115,7	146880,4	15,4	- 159,9	175,3
2020	146634,3	- 203,8	- 359,4	155,6	147021,2	186,9	- 84,5	271,4
2025	144918,8	- 478,1	- 598,8	120,7	148483,7	396,0	27,1	368,9
2030	142134,0	- 642,8	- 749,0	106,2	150407,3	406,6	- 27,9	434,5
2035	138809,6	- 680,1	- 780,6	100,5	152681,7	542,5	80,0	462,5

Источник: *Минсельхоз РФ*

В 2019 году Правительство Российской Федерации утвердило программу: «Комплексное развитие сельских территорий» с объемом финансирования госпрограммы в 2020 –2025 годах – около 2,3 трлн. рублей, в том числе за счет федерального бюджета – 1 трлн. рублей [5]. В число основных целей программы вошли: повышение уровня благосостояния сельского населения (критерием оценки будет являться показатель соотношения среднемесячных располагаемых ресурсов сельского и городского домохозяйств); повышение благоустройства жилого фонда; сохранение доли сельского населения в общей численности населения. Решение задач по созданию комфортных и экологически благоприятных условий проживания на сельских территориях должно начинаться с комплексного мониторинга сельских территорий. Данные обследования должны обеспечить типологизацию сельских территорий, помочь разработать стандарт качества жизни, как для территорий, так и для определенной возрастной категории граждан. Одной из ключевых задач, предусмотренных госпрограммой, является выполнение ведомственного проекта – «Благоустройство сельских территорий». По проекту к 2025 году планируется реализовать более 40 тыс. проектов, включающих в себя создание парков, обустройство детских игровых площадок, восстановление историко-культурных памятников. Министерство сельского хозяйства планирует разработать стандарт: «Современный облик сельских территорий», который должен найти применение при сценарном проектировании и прогнозировании. Целесообразность разработки региональных программ по развитию сельских территорий обусловлена: многообразием природных и хозяйственных условий, необходимостью принятия локальных актов, в числе которых – стандарт жизни сельского жителя в N - поселении. Стандарты на сельских территориях можно подразделить на две группы: стандарты жизни сельского населения (набор товаров и услуг, гарантируемых государством каждому жителю); стандарты обеспечения жизнедеятельности сельского человека (набор норм, определяющий использование различного рода ресурсов) (таблица 2) [2, 6, 7].

Проектируемые модели российского села трудно представить без *зеленых технологий*, которые создают благоприятную и экологически чистую среду жизнедеятельности человека; внедряют безопасные условия труда и предпринимательской деятельности. Природоподобные технологии, как философия нового образа жизни, включают в себя несколько групп инноваций: возобновляемые источники энергии, экологичный транспорт, умный дом, ресурсосберегающие технологии в АПК, благоустройство и озеленение сельских поселений [8]. Определенный интерес у специалистов и глав муниципалитетов может вызвать разработка ООО «НПО «ОРТЕХ-ЖКХ» (Волгоград) – «Установка по очистке питьевой воды «АКВАВЕЛЛ 20К» для сельских школ» [9, 10]. Технологический модуль «АКВАВЕЛЛ 20К» состоящий из блоков очистки, обеззараживания и подачи питьевой воды, автоматического контроля и управления технологическим процессом, способен очищать природную воду от широкого спектра загрязнений, включая железо, марганец, а также производить обессоливание воды, обеззараживание, насыщение кислородом и микроэлементами. Инновационный процесс ультрафильтрации позволяет извлекать из воды тонкодисперсные и колло-

идные примеси, высокомолекулярные вещества, водоросли, одноклеточные микроорганизмы. К числу преимуществ модуля «АКВАВЕЛЛ 20К» можно отнести – одновременное осветление и обеззараживание, снижение загрязнения воды в 150 раз, низкие затраты на электроэнергию (на 10000 л очищенной воды тратится от 10 до 20 руб., малое время регенерации (от 15 до 20 мин), высокий срок эксплуатации (более 10 лет) (рис. 1) [9].

Таблица 2 – Основные стандарты жизнеобеспечения сельских жителей

Стандарты	Базовое значение
Норматив доходов на душу населения	%
Норматив ВВП на душу сельского населения	руб.
Норматив средней продолжительности жизни при рождении	лет
Норматив младенческой смертности	промилле
Норматив занятости сельского населения	%
Норматив безработицы сельского населения	%
Норматив уровня образования экономически активного населения	%
Норматив среднего уровня образования	%
Норматив автомобильной доступности школ	км, час
Норматив количества жителей, подключенных к сети Интернет	ед.
Норматив охвата населения первичной медицинской помощью	%
Норматив нормативной площади жилого помещения	м кв.
Норматив газификации сельских населенных пунктов	%
Норматив обеспеченности водопроводными сетями	%
Норматив обеспеченности жилых домов телефонной связью	ед. на 100 домохозяйств
Норматив числа постоянных пользователей сети Интернет	чел. на 100 жителей
Норматив обеспеченностью учреждениями торговли	%

Источник: *Минэкономразвития РФ*

Социальный и экономический эффект от внедрения модульных установок по очистке питьевой воды с кондиционированием для сельских школ «АКВАВЕЛЛ 20К» позволит значительно снизить заболеваемость среди учащихся и сформировать культуры водопотребления в сельских школа. Дальнейшее развитие сельских территорий Юга России не обойдется без оздоровления природных и искусственных водоемов. Для восстановления небольших водоемов применяют механическую очистку, которая включает: откачивание воды, удаление донных осадков, выстилание дна специальной водоупорной глиной, песком, вновь заполнение водой. Это достаточно дорогой метод, и он имеет ряд существенных недостатков: из многих водоемов практически невозможно откачать воду, поскольку не удается изолировать подземные источники воды; невозможно применять тяжелую технику, чтобы не нарушить облик исторических озер. Для оздоровления водоема можно использовать иные технологии: создание циркуляции воды, удаление донных осадков, насыщение воды кислородом, искусственное изменение видового состава микроорганизмов.

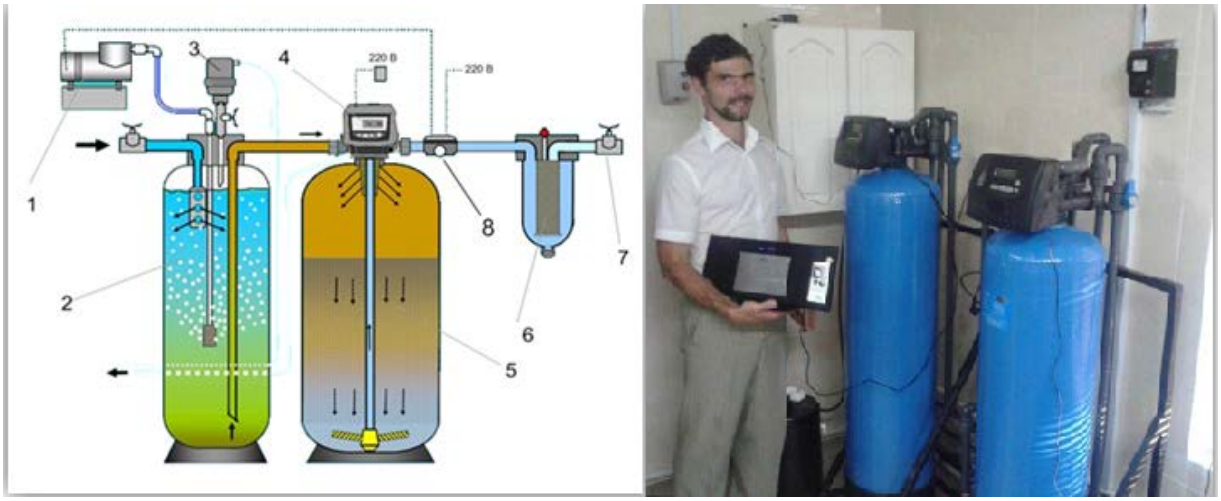


Рисунок 1 – Технологическая схема и размещение в гимназии установки «АКВАВЕЛЛ 20К», ст. Азовская, Краснодарский край:

1. Компрессор для подачи сжатого воздуха
2. Аэрационная камера
3. Клапан удаления воздуха
4. Автоматическое управление клапанами
5. Камера с каталитической загрузкой
6. Фильтр механической очистки
7. Выход чистого фильтрата
8. Кавитатор

Комплексное восстановление экосистемы водоемов, разработанное учеными ФГБНУ ВНИИОЗ, достигается за счет вселения микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111. После составления гидрологической характеристики, определения гидробиологических и гидрохимических качеств воды, производится альголизация водоема. Эффект «цветения» водоема снимается в течение 30 дней. Штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 весьма активен в отношении сине-зеленых водорослей, снижает их популяцию в несколько раз, при этом идет насыщение водоема кислородом [11]. Развитие сельских технологий невозможно без дальнейшего поиска и применения природоподобных технологий (рис. 2).

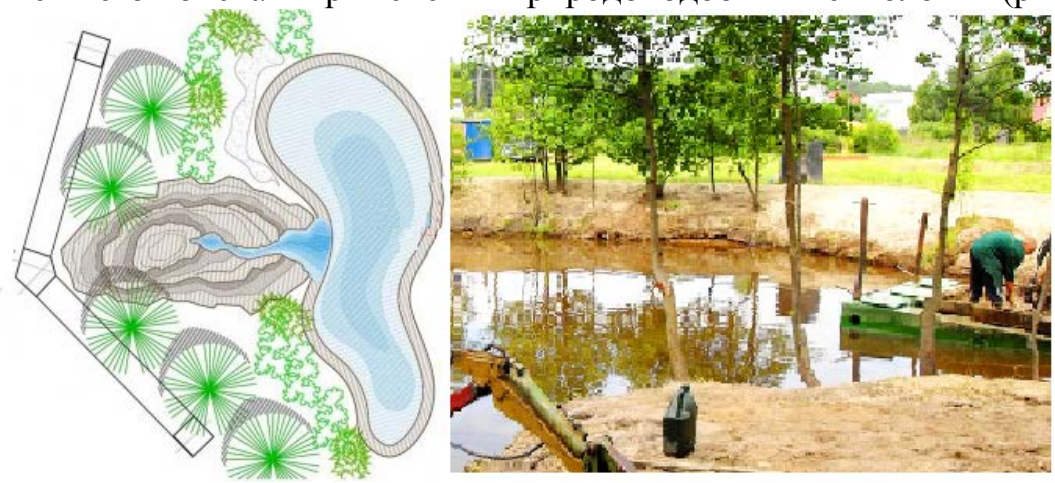


Рисунок 2 – Схема пруда, очистка и внесение штамма хлореллы в водоем, Среднеахтубинский район, Волгоградская область

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области по проекту «Зеленые технологии - драйвер стратегического развития малых городов и сельских поселений Юга России: теоретическое и методологическое обоснование» № 19-410-340017 р_а

Список используемых источников

1. Melikhov, V. V. Green Technologies: The Basis for Integration and Clustering of Subjects at the Regional Level of Economy // L. N. Medvedeva, Viktor Melikhov Alexey A. Novikov, Olga P. Komarova // Integration and Clustering for Sustainable Economic Growth. Издательство: Спрингер. – 2017. – С. pp. 365 – 382.
2. Сизов, Ю.И. Зеленые сельские поселения – курс на новое качество жизни / Л.Н. Медведева, А.С. Плотников, Ю.И. Сизов // Научные труды ВЭО. 2016. № 199 – С. 445–464.
3. Природоподобные технологии – ответ на большие вызовы // ПМЭФ / Режим доступа: https://roscongress.org/ sessions/ prirodopodobnye-tekhnologii-otvet-na-bolshie-vyzovy/about/ (дата обращения 28.08.2019).
4. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ. – Режим доступа: http://www.gks.ru. (дата обращения 28.08.2019).
5. Программа «Комплексное развитие сельских территорий» Постановление Правительства от 31 мая 2019 года № 696. Режим доступа: http://government.ru/ rugovclassifier/878/events/ (дата обращения 28.08.2019).
6. Медведева, Л.Н. Стратегия развития сельских территорий через систему координат: качество жизни населения / Медведева Л.Н., Тимошенко М.А./ Экономика и предпринимательство. – 2017.– № 10-2 (87). – С. 297– 303.
7. Сальный, В.И Сельские территории - пространственный фактор формирования человеческого капитала / М.А. Тимошенко, Л.Н. Медведева, В.И. Сальный // Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства. Мат. Межд. науч-прак. Конф., – 2017. – С. 525 – 535.
8. Белых, Д.В. «Умная техника» и «умные технологии» в обеспечении развития сельского хозяйства / Д. В. Белых, Л.Н. Медведева // В сборнике: Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. III Международная научно-практическая Интернет-конференция. – 2018. – С. 1349 –1353.
9. Ясакин, В.В. Внедрение инновационных продуктов в сферу жилищно-коммунального хозяйства региона / В.В. Ясакин // Экономическое возрождение России. – 2011. – № 4(30) – С. 146-151.
10. Медведева, Л.Н. Инновации в ЖКХ: опыт предложений и внедрений на региональном уровне [Электронный ресурс] / Л.Н. Медведева, В.В. Ясакин // «Альтернативы регионального развития (Шабунинские чтения). Сб. тезисов докладов II Международной науч.-практ. конф. 7-8 октября 2011 г. – С. 44 – 48.
11. Фролова, М.В. Современная биотехнология в улучшении качества воды открытых водоемов многоцелевого назначения / М.В. Фролова, О.П. Комарова, М.В. Московец // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. № 4 (52). – С. 213 –218.

УДК504.062.2:911.6

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДОСБОРНУЮ ТЕРРИТОРИЮ БАССЕЙНА РЕКИ КАРАТАЛ

Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, К. Жанымхан
НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан

Введение.

В настоящее время развитие народного хозяйства в бассейне реки Каратал характеризуется прогрессивным вовлечением и освоением ресурсного потенци-

ала природных ландшафтов, современные темпы использования которого в значительной степени усиливают антропогенное воздействие на природную среду. Существенное влияние на формирование экологической среды природных ландшафтов оказывают сельское и водное хозяйство, а также промышленные объекты, связанные с обработкой и добычей полезных ископаемых. При этом хозяйственная деятельность человека на водосборах бассейна реки с одной стороны, дает определенный положительный эффект, а с другой стороны, сопровождается неизбежным комплексом негативных экологических последствий, осложняющих экологические ситуации в различных рангах природных систем. Такой негативный природно-техногенный процесс деятельности человека происходит в результате недостаточности знаний о закономерностях взаимодействия природных и антропогенных факторов, о процессах, развивающихся в природной среде при комплексном обустройстве водосборов, что является одним из препятствий на пути к созданию экологически устойчивых и экономически эффективных систем функционирования водосборв.

Научный интерес к оценке экологического состояния водосборов рек и проблеме их комплексного обустройства возник сравнительно недавно [1], что объясняется повышением в современных условиях антропогенной нагрузки на водосборы, необходимостью оценки степени воздействия таких нагрузок на экологическую устойчивость водосборов и возникновением проблемы обеспечения устойчивого функционирования водосборов.

Цель исследования - на основе многолетних информационно-аналитических (статистических) материалов водного и сельского хозяйств Республики Казахстан и Кыргызской Республики выполнить оценку техногенной нагрузки на водосборный бассейн трансграничной реки Талас и совершенствовать метод количественной ее оценку с использованием шкалы интенсивности антропогенной нагрузки на водосборы территории речных бассейнов, разработанной А.Г. Исаченко [1].

Материалы и методы. При оценке антропогенной нагрузки учитывались две группы показателей: прямого (непосредственного) и косвенного (опосредованного) воздействия на водоемы и водотоки [1].

Косвенное, площадное, воздействие на водные объекты проявляется в виде антропогенных нагрузок на водосборе, связанных с засолением территории, хозяйственной деятельностью жителей, промышленной или сельскохозяйственной специализацией экономики. Показатели, характеризующие указанные факторы, использованы для зонирования (ранжирования) территории бассейна реки Каратал по степени антропогенной нагрузки.

В качестве основных (базовых) применялись: плотность населения на водосборной территории, плотность промышленного производства (объем производимой в регионе промышленной продукции в тысячях долларов, приходящийся на 1 км^2) и сельскохозяйственная освоенность, включающая распаханность (%) и животноводческую нагрузку (количество условных голов на 1 км^2).

Используемые показатели группировались по видам антропогенных воздействий - демографических, промышленных и сельскохозяйственных. Сельскохозяйственная нагрузка получена как среднеарифметическое значение балльных

оценок интенсивности земледельческой (распаханность) и животноводческой нагрузок. Совокупная антропогенная нагрузка определялась как среднеарифметическое значение баллов демографической, промышленной и сельскохозяйственной нагрузки, в основе которой положена методика А.Г. Исаченко [1].

Для оценки уровня техногенных нагрузок на водосборный бассейн трансграничных рек, можно использовать обобщенный показатель ($К_{тн}$) [2], который определяется по формуле [3]:

$$К_{кт} = \sqrt{\prod_{i=1}^{n} K_i^i},$$

где: $K_i^i = \exp(-K_i)$ - относительные значения уровня техногенных нагрузок на водосборные территории речных бассейнов или коэффициент антропогенной деятельности [4].

При этом совокупная техногенная нагрузка на водосборные территории речных бассейнов определялась, как квадратный корень произведения относительных значений уровня отдельных видов техногенных нагрузок, в результате чего можно получить обобщенный интегральный показатель ($К_{тн}$), характеризующий результат антропогенной деятельности.

Для комплексной оценки техногенной нагрузки водосбора бассейна реки Каратал использованы информационно-аналитические материалы по Алматинской области по сельскому, лесному и рыбному хозяйств в период 1995-2015 годов [5].

В пределах водосбора бассейна реки Каратал расположены Ескельдинский, Кербулакский, Коксуский и Каратальский районы Алматинской области Республики Казахстан, которые отличаются по плотности населения, площади сельскохозяйственных угодий, промышленному производству и животноводству (таблицы 1-4).

Таблица 1 - Плотность населения по районам в водосборах бассейна реки Каратал [5]

Районы	Плотность населения, тыс. человек				
	1995	2000	2005	2010	2015
Ескельдинский	50,700	48,548	50,203	50,082	46,868
Коксуский	42,100	40,105	39,413	38,417	41,372
Кербулакский	40,600	53,522	51,053	47,992	49,215
Каратальский	52,500	46,744	49,334	47,824	47,144
Всего	185,900	188,919		184,315	184,599

Таблица 2 - Площадь сельскохозяйственных угодий (пахатных земель) по районам в водосборах бассейна реки Каратал [5]

Районы	Площадь сельскохозяйственных угодий, тыс. га				
	1995	2000	2005	2010	2015
Ескельдинский	34,6	40,3	47,0	47,6	54,8
Коксуский	27,6	28,7	29,9	31,2	24,8
Кербулакский	63,8	81,8	104,9	104,3	134,6
Каратальский	18,9	19,8	20,8	20,8	21,8
Всего	144,9	170,6	202,6	203,9	236,0

Таблица 3 - Плотность животноводчества по районам в водосборах бассейна реки Каратал [5]

Районы	Плотность животновочества, тыс. голов				
	1995	2000	2005	2010	2015
Ескельдинский	102,6	112,8	123,7	150,7	151,8
Коксуский	88,4	97,2	106,8	126,1	126,8
Кербулакский	185,1	203,4	223,5	249,4	304,4
Каратальский	120,3	132,2	145,3	160,2	191,3
Всего	496,4	545,6	599,3	686,4	774,3

Таблица 4 - Плотность промышленного производства по районам в водосборах бассейна реки Каратал [5]

Районы	Плотность промышленного производства, тыс. доллар				
	1995	2000	2005	2010	2015
Ескельдинский	112223,8	131228,8	154190,8	148833,1	22958,9
Коксуский	17785,6	19544,6	22964,6	22167,0	25574,2
Кербулакский	15635,3	18279,9	21478,5	20732,4	3507,1
Каратальский	23991,4	26364,0	30976,9	29900,7	55011,5
Всего	169636,1	195417,3	229610,8	221633,2	107051,7

Результаты исследования. На основе совершенствования методологического подхода для комплексной оценки техногенной нагрузки в водосборах бассейна рек и информационно-аналитических материалов по использованию природных ресурсов и размещению производительных сил выполнены прогнозные расчеты для определения интегральных показателей ($К_{тн}$) [2], характеризующие качественные и количественные значения техногенной нагрузки природно-техногенных объектов в водосборах бассейна реки Каратал (таблица 5).

Таблица 5 - Качественные и количественные значения интегральных показателей ($K_{тн}$) техногенной нагрузки природно-техногенных объектов в водосборах бассейна реки Каратал

Годы	Показатели	Районы, расположенные в водосборах бассейна реки Каратал			
		Ескельдинский	Коксуский	Кербулакский	Каратальский
Оценки техногенных нагрузок по плотности населения					
1995	$K_i^{пл} = П_{опт} / П_{фак}$	0,64	1,41	2,14	3,48
	$K_{ni} = \exp(-K_i^{пл})$	0,5273	0,2441	0,1177	0,0305
2000	$K_i^{пл} = П_{опт} / П_{фак}$	0,67	1,36	1,66	5,67
	$K_{ni} = \exp(-K_i^{пл})$	0,5117	0,2567	0,1901	0,0034
2005	$K_i^{пл} = П_{опт} / П_{фак}$	0,65	1,36	1,70	3,70
	$K_{ni} = \exp(-K_i^{пл})$	0,5220	0,2567	0,1827	0,0247
2010	$K_i^{пл} = П_{опт} / П_{фак}$	0,65	1,40	1,81	3,81
	$K_{ni} = \exp(-K_i^{пл})$	0,5220	0,2466	0,1637	0,0222
2015	$K_i^{пл} = П_{опт} / П_{фак}$	0,69	1,42	1,76	5,59
	$K_{ni} = \exp(-K_i^{пл})$	0,5018	0,2413	0,1670	0,0037
1995	$K_i^{ра} = F_{рас}^{опт} / F_{расi}^{фак}$	1,25	2,58	1,81	12,88
	$K_{pi} = \exp(-K_i^{ра})$	0,2868	0,0756	0,1637	0,00004
2000	$K_i^{ра} = F_{рас}^{опт} / F_{расi}^{фак}$	1,07	2,49	1,41	12,25
	$K_{pi} = \exp(-K_i^{ра})$	0,3430	0,0829	0,2441	0,00004
2005	$K_i^{ра} = F_{рас}^{опт} / F_{расi}^{фак}$	0,92	2,39	1,10	11,68
	$K_{pi} = \exp(-K_i^{ра})$	0,3995	0,0916	0,3296	0,00004
2010	$K_i^{ра} = F_{рас}^{опт} / F_{расi}^{фак}$	0,91	2,29	1,11	11,68
	$K_{pi} = \exp(-K_i^{ра})$	0,4025	0,1018	0,3296	0,00004
2015	$K_i^{ра} = F_{рас}^{опт} / F_{расi}^{фак}$	0,79	2,88	0,86	11,17
	$K_{pi} = \exp(-K_i^{ра})$	0,4538	0,0561	0,4252	0,00004

Годы	Показатели	Районы, расположенные в водосборах бассейна реки Каратал			
		Ескель-динский	Коксу-ский	Кербул-акский	Кара-тальский
Оценки техногенных нагрузок по плотности животноводства					
1995	$K_i^{жив} = N_{опт}^{жив} / N_{факі}^{жив}$	0,11	0,20	0,17	0,58
	$K_{жі} = \exp(-K_i^{жив})$	0,8958	0,8187	0,8437	0,5599
2000	$K_i^{жив} = N_{опт}^{жив} / N_{факі}^{жив}$	0,10	0,19	0,14	0,47
	$K_{жі} = \exp(-K_i^{жив})$	0,9048	0,8270	0,8694	0,6250
2005	$K_i^{жив} = N_{опт}^{жив} / N_{факі}^{жив}$	0,11	0,17	0,13	0,51
	$K_{жі} = \exp(-K_i^{жив})$	0,8968	0,8437	0,8781	0,6005
2010	$K_i^{жив} = N_{опт}^{жив} / N_{факі}^{жив}$	0,07	0,14	0,12	0,39
	$K_{жі} = \exp(-K_i^{жив})$	0,9324	0,8694	0,8889	0,6771
2015	$K_i^{жив} = N_{опт}^{жив} / N_{факі}^{жив}$	0,07	0,14	0,10	0,35
	$K_{жі} = \exp(-K_i^{жив})$	0,9324	0,8694	0,9048	0,7047
Оценки техногенных нагрузок промышленного производства					
1995	$K_i^{пр} = ПР_{опт} / ПР_{факі}$	1,34	13,94	25,74	35,35
	$K_{прі} = \exp(-K_i^{пр})$	0,2618	0,00004	0,00004	0,00004
2000	$K_i^{пр} = ПР_{опт} / ПР_{факі}$	1,15	12,72	22,01	32,11
	$K_{прі} = \exp(-K_i^{пр})$	0,3168	0,00004	0,00004	0,00004
2005	$K_i^{пр} = ПР_{опт} / ПР_{факі}$	0,97	10,83	25,55	27,34
	$K_{прі} = \exp(-K_i^{пр})$	0,3827	0,00004	0,00004	0,00004
2010	$K_i^{пр} = ПР_{опт} / ПР_{факі}$	1,01	11,22	19,44	27,56
	$K_{прі} = \exp(-K_i^{пр})$	0,3642	0,00004	0,00004	0,00004
2015	$K_i^{пр} = ПР_{опт} / ПР_{факі}$	6,55	9,72	116,67	15,41
	$K_{прі} = \exp(-K_i^{пр})$	0,0014	0,00006	0,00004	0,00004

Годы	Показатели	Районы, расположенные в водосборах бассейна реки Каратал			
		Ескельдинский	Коксуский	Кербулакский	Каратальский
Интегральные показатели техногенных нагрузок в водосборах бассейна реки Каратал					
1995	Интегральные показатели ($К_{тн}$/балл)	0,368/5	0,123/4	0,127/5	0,008/3
2000	Интегральные показатели ($К_{тн}$/балл)	0,399/6	0,133/4	0,201/5	0,003/3
2005	Интегральные показатели ($К_{тн}$/балл)	0,432/6	0,141/5	0,230/5	0,008/3
2010	Интегральные показатели ($К_{тн}$/балл)	0,443/6	0,148/5	0,219/5	0,008/3
2015	Интегральные показатели ($К_{тн}$/балл)	0,461/6	0,108/4	0,253/5	0,003/3

Примечание: $К_i^{пл}$ - коэффициент, характеризующий плотность населения; $П_{фак}$ - фактическая плотность населения, чел/км^2; $П_{опт}$ - оптимальная плотность населения, которая соответствует уровню средней нагрузки, чел/км^2; $К_i^{пр}$ - коэффициент, характеризующий плотность промышленного производства; $ПР_{фак}$ – фактическая плотность промышленного производства, тыс. доллар/км^2; $ПР_{опт}$ - оптимальная плотность промышленного производства, которая соответствует уровню средней нагрузки, тыс. доллар/км^2; $К_i^{ра}$ - коэффициент, характеризующий распаханность естественных ландшафтов; $F_{рас}^{фак}$ – фактическая распаханность естественных ландшафтов, % ; $F_{рас}^{опт}$ - оптимальная распаханность естественных ландшафтов, которая соответствует уровню средней нагрузки, %; $К_i^{жив}$ - коэффициент, характеризующий плотность животноводческой нагрузки; $N_{фак}^{жив}$ – фактическая плотность животноводческой нагрузки, условные головы/км^2; $N_{опт}^{жив}$ - оптимальная плотность животноводческой нагрузки, которая соответствует уровню средней нагрузки, усл. гол/км^2.

Как видно из таблицы 2, в водосборах бассейна реки Каратал *низкая антропогенная нагрузка* (3 балла) наблюдается на территории Караталского района Алматинской области, где интегральный показатель техногенной нагузки ($К_{тн}$) находится в пределах 0,003-0,008, что связано с сравнительно большой территорией.

Пониженная антропогенная нагрузка (4 балла) наблюдается на территории Коксуского района, где $К_{тн}$ находится в пределах 0,108-0,141, что связано со сравнительно небольшой территорией и плотностью населения и животноводства.

Средняя антропогенная нагрузка (5 баллов) наблюдается на территории Кербулакского района, где $K_{тн}$ находится в пределах 0,127-0,253, что связано со сравнительно небольшой территорией и плотностью населения, промышленности и животноводства.

Повышенная антропогенная нагрузка (6 баллов) наблюдается на территории Ескельдинского района, где $K_{тн}$ находится в пределах 0,368-0,461, что связано со сравнительно небольшой территорией и плотностью насления и животноводства.

Заключение. Проведенная комплексная оценка на основе многолетних информационно-аналитических (статистических) материалов водного и сельского хозяйств Алматинской области Республики Казахстан с использованием шкалы основных показателей для зонирования территории по степени антропогенной нагрузки А.Г. Исаченко позволила определить интенсивность техногенных нагрузок на бассейн трансграничной реки Каратал. При этом следует отметить, что в наибольшей степени хозяйственному освоению подвержены верховья и средняя часть водосбора бассейна реки Каратал, вследствие этого территория характеризуется максимальными уровнями промышленной и сельскохозяйственной нагрузок.

Список используемых источников

1. Исаченко А.Г. Экологическая география России. – СПб. Издательский дом СПбГУ, 2001. – 328 с.

2. Щедрин В.Н., Гузыкин Д.С. Эколого-экономические аспекты обоснования мелиорации // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. – №2. – С. 9-11.

3. Джени К. Средние величины. – М.: Статистика, 1990. – 341 с.

4. Статистический ежегодник Алматинской области (2011 год): Реальный сектор экономики. – Алматы, 2012. – С. 199-332.

5. Турсынбаев Н.А., Мустафаев Ж.С., Кирейчева Л.В. Методика оценки техногенной нагрузки на водосборную территорию бассейна реки на основе интегральных показателей антропогенной деятельности // Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК. Материалы международной научно-практической конференции. – М.: Изд. ВНИИГиМ, 2017. – С. 155-158.

УДК 628. 515

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ ЕСИЛЬ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, А.Н. Калмашова
НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан

Актуальность. В конце XX и в начале XXI-ого века появляется все больше свидетельств и доказательств возникновения и усиления роли антропогенного фактора в результате функционирования климатической системы и, в первую очередь, глобального изменения климата. Со времени проведения в 1972 году

Конференции ООН по вопросам охраны окружающей среды в Стокгольме прошло более тридцати лет, которые привели к изменению представления о происходящих в окружающей среде процессах. От понятия «ущерба», возникающего от природно-техногенной деятельности, перешли к понятию «естественного» природного капитала, определяющего уровень соответствия потребности человека и потенциальных возможностей природной системы.

Объект исследования. Река Есиль берет начало в невысоком горном массиве Нияз Казахского мелкосопочника и на протяжении 775 км течет с востока на запад, принимая ряд крупных притоков, стекающих с Кокшетауской возвышенности с отрогов гор Улытау. В верховьях течет преимущественно на северо-запад и запад, в основном в узкой долине в скалистых берегах [1, 2].

Площадь водосборного бассейна реки Есиль составляет 177 000 км², из них на территорию России приходится около 20% площади, в пределах которых формируется около 30% стока. Основные притоки (на территории Казахстана): правые – Калкутан, Жабай, Акканбурлык, Иманбурлык, левые – Терисаккан. Основные притоки Есиль (на территории России): правые – Карасуль (впадает в Есиль недалеко от села Буровое), Ик, левый – Барсук [1, 2].

Цель и задачи исследований заключаются в проведении комплексного анализа и оценки формирования гидрологического режима стока водосбора бассейна реки Есиль с учетом климатических условий Северного Казахстана, то есть уровень синхронности формирования стока с атмосферными осадками и температурой воздуха.

Материалы и методы исследования. При решении поставленных в работе задач использовались многочисленные информационно-аналитические материалы РГП «Казгидромет», сеть метеорологических станций и гидрологических постов, расположенных в водосборе бассейна реки Есиль [3]. Методы исследования основаны на систематизации, системном анализе и обобщении результатов мониторинга.

Для характеристики климатических условий водосбора бассейна реки использованы многолетние данные метеорологических станций Астана, Атбасар, Есиль, Рузаевка, Явленка и Петропавловск (таблица 1)

Для оценки формирования гидрологического режима водосбора бассейна реки Есиль использованы многолетние данные гидрологических постов городов Астана, Державинск и Перопавловск (таблица 2); притоков Калкутан (гидрологический пост – село Калкутан), Жабай (гидрологический пост – город Атбасар), Акканбулак (гидрологический пост – село Григорьевка) и Иманбулак (гидрологический пост – село Соколовка) (таблица 3).

Как видно из таблицы 1, внутригодовой ход температуры воздуха характеризуется устойчивыми сильными морозами в зимний период, интенсивным нарастанием тепла в короткий весенний сезон и жарким летом, то есть наиболее холодный месяц январь, наиболее теплый – июль. При этом распределение осадков в течение года неравномерное, то есть в теплый период года выпадает 70-72% годовой суммы осадков, при направленном изменении в северном направлении от 300 мм до 400 мм. В среднем наибольшее количество осадков за месяц выпадает в июле, а наименьшее – в феврале [3].

Таблица 1– Климатические характеристики водосбора бассейна реки Есиль

Месяцы	Метеорологические станции					
	Астана		Атбасар		Есиль	
	$t_i^o C$	O_{ci},мм	$t_i^o C$	O_{ci},мм	$t_i^o C$	O_{ci},мм
I	-15,0	18,0	-18,9	30,0	-18,7	29,0
II	-15,2	14,0	-17,9	21,0	-16,4	22,0
III	-8,8	14,0	-11,4	32,0	-10,7	31,0
IV	5,1	22,0	0,8	24,0	1,9	22,0
V	13,3	34,0	12,5	34,0	12,7	32,0
VI	19,3	36,0	18,0	43,0	18,1	42,0
VII	20,9	49,0	20,6	44,0	21,0	43,0
VIII	18,1	29,0	18,4	36,0	18,1	35,0
IX	12,1	22,0	11,3	29,0	11,6	29,0
X	3,7	26,0	2,7	29,0	2,4	28,0
XI	-6,3	23,0	-7,6	32,0	-6,9	30,0
XII	-12,0	20,0	-15,8	32,0	-15,0	29,0
Годовой	3,1	307,0	1,1	386,0	1,5	372,0
Месяцы	Метеорологические станции					
	Рузаевка		Явленка		Петропавловск	
	$t_i^o C$	O_{ci},мм	$t_i^o C$	O_{ci},мм	$t_i^o C$	O_{ci},мм
I	-17,0	14,0	-18,6	15,0	-19,2	25,0
II	-17,2	9,0	-17,1	14,0	-17,5	18,0
III	-10,7	13,0	-11,8	16,0	-11,7	19,0
IV	1,3	20,0	1,4	23,0	0,9	24,0
V	12,3	28,0	11,8	35,0	11,2	34,0
VI	17,9	28,0	17,3	54,0	16,9	55,0
VII	20,2	52,0	19,7	66,0	19,3	62,0
VIII	17,9	36,0	17,0	53,0	16,8	53,0
IX	11,0	28,0	10,8	32,0	10,7	34,0
X	2,6	28,0	2,1	33,0	2,1	15,0
XI	-6,6	20,0	-7,4	22,0	-7,9	18,0
XII	-14,8	15,0	-15,6	24,0	-16,4	17,0
Годовой	1,4	301,0	0,8	387,0	0,4	374,0

Изучение закономерности внутригодового распределения стока в водосборах бассейна реки Есиль показывает, что изменение внутригодового распределения стока в году зависит не только от способов анализа и сравнения месячного стока и его распределения в многолетнем разрезе с динамикой хозяйственной деятельности на водосборе, но и в определенной степени от сравнения естественного и нарушенного распределения стока [1, 2].

Таблица 2 – Внутригодовое распределение стока реки Есиль в пространственно-временном масштабе ($м^3/с$)

Месяцы	Есиль - город Астана			Есиль - город Державинск			Есиль - город Перопавловск		
	Водность года, %								
	25	50	75	25	50	75	25	50	75
I	0,21	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	5,15	2,83	1,86
II	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	4,42	2,45	1,07
III	0,10	0,01	0,00	0,18	0,00	0,00	3,98	2,08	1,14
IV	87,0	44,0	21,1	38,6	22,5	10,0	184,0	111,0	35,9
V	8,71	7,96	4,29	49,0	29,2	22,7	610,0	182,0	65,2
VI	2,31	1,10	0,54	1,02	0,06	0,03	56,3	49,8	17,9
VII	1,14	0,48	0,21	0,08	0,04	0,01	34,1	16,8	9,24
VIII	0,50	0,20	0,06	0,05	0,03	0,01	15,2	9,57	5,31
IX	0,41	0,28	0,10	0,04	0,02	0,01	11,0	7,09	3,68
X	0,79	0,36	0,15	0,03	0,03	0,00	10,2	6,40	2,97
XI	1,31	0,43	0,11	0,01	0,02	0,00	9,28	5,70	3,12
XII	0,43	0,14	0,03	0,01	0,05	0,00	6,68	4,44	2,15

Результаты исследований. Для оценки степени синхронности внутригодового расхода воды реки Есиль и атмосферных осадков водосборной территории использованы отношения максимального значения расхода воды реки в месяцах ($Q_i^{\max}$) к месячному значению расхода воды в реках (Q_i), а также максимального значения атмосферных осадков в месяцах ($O_{ci}^{\max}$) к месячному значению атмосферных осадков (O_{ci})[4-6]:

$$K_{qi} = Q_i / Q_i^{\max}; K_{oci} = O_{ci} / O_{ci}^{\max},$$

где: K_{qi} - внутригодовые изменчивости расходов воды в реках; K_{oci} - внутригодовые изменчивости атмосферных осадков.

Для определения степени синхронности внутригодового расхода воды реки и атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки можно использовать следующее выражение: $K_{ci} = K_{qi} / K_{oci}$, где K_{ci} – показатель синхронности внутригодового расхода воды реки и атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки.

На основе информационно-аналитических материалов, приведенных в таблице 1, характеризующих внутригодовое распределение атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки Есиль, определена внутригодовая изменчивость атмосферных осадков (таблица 4).

Таблица 4 – Оценка внутригодовой изменчивости атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки Есиль

Месяцы	Метеорологические станции					
	Астана		Атбасар		Есиль	
	O_{ci},мм	K_{oci}	O_{ci},мм	K_{oci}	O_{ci},мм	K_{oci}
I	18,0	0,37	30,0	0,68	29,0	0,67
II	14,0	0,29	21,0	0,48	22,0	0,51
III	14,0	0,29	32,0	0,72	31,0	0,72
IV	22,0	0,45	24,0	0,54	22,0	0,51
V	34,0	0,59	34,0	0,77	32,0	0,74
VI	36,0	0,73	43,0	0,98	42,0	0,97
VII	49,0	1,00	44,0	1,00	43,0	1,00
VIII	29,0	0,59	36,0	0,81	35,0	0,81
IX	22,0	0,45	29,0	0,66	29,0	0,67
X	26,0	0,53	29,0	0,66	28,0	0,65
XI	23,0	0,47	32,0	0,72	30,0	0,70
XII	20,0	0,41	32,0	0,72	29,0	0,67
Месяцы	Метеорологические станции					
	Рузаевка		Явленка		Петропавловск	
	O_{ci},мм	K_{oci}	O_{ci},мм	K_{oci}	O_{ci},мм	K_{oci}
I	14,0	0,30	15,0	0,23	25,0	0,40
II	9,0	0,17	14,0	0,21	18,0	0,29
III	13,0	0,25	16,0	0,24	19,0	0,31
IV	20,0	0,38	23,0	0,35	24,0	0,39
V	28,0	0,54	35,0	0,53	34,0	0,55
VI	28,0	0,54	54,0	0,82	55,0	0,89
VII	52,0	1,00	66,0	1,00	62,0	1,00
VIII	36,0	0,69	53,0	0,80	53,0	0,85
IX	28,0	0,54	32,0	0,48	34,0	0,55
X	28,0	0,54	33,0	0,50	15,0	0,24
XI	20,0	0,38	22,0	0,33	18,0	0,29
XII	15,0	0,29	24,0	0,36	17,0	0,27

Как видно из таблицы 4, внутригодовая изменчивость атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки Есиль четко выражена, как характерно для северной части Казахстана, максимальное количество атмосферных осадков выпадает в летнее время, которое в определенной степени оказывает влияние на формирование гидрологического режима реки Есиль и его притоков. При этом твердые атмосферные осадки, в виде снега, которые выпадают во второй половине осени и в первых месяцах весной, будут лежать до потепления, то есть до середины весны, в результате чего во всех притоках и самой реки Есиль максимальный расход воды формируется в апреле месяце.

Для проведения сравнительного анализа внутригодовой изменчивости атмосферных осадков и расхода воды в водосборной территории бассейна реки Есиль определен их коэффициент внутригодовой изменчивости (таблица 5).

Таблица 5 – Оценка внутригодовой изменчивости среднемноголетних расходов воды в бассейне реки Есиль

Месяцы	Гидрологические посты в бассейне реки Есиль					
	Есиль - город Астана		Есиль - город Державинск		Есиль - город Перопавловск	
	Q_i, м^3/с	K_{qi}	Q_i, м^3/с	K_{qi}	Q_i, м^3/с	K_{qi}
I	0,04	0.001	0,00	0.000	2,83	0.016
II	0,01	0.000	0,00	0.000	2,45	0.013
III	0,01	0.000	0,00	0.000	2,08	0.011
IV	44,0	1.000	22,5	0.771	111,0	0.609
V	7,96	0.174	29,2	1.000	182,0	1.000
VI	1,10	0.025	0,06	0.002	49,8	0.274
VII	0,48	0.011	0,04	0.001	16,8	0.092
VIII	0,20	0.005	0,03	0.001	9,57	0.052
IX	0,28	0.006	0,02	0.000	7,09	0.039
X	0,36	0.008	0,03	0.000	6,40	0.035
XI	0,43	0.010	0,02	0.000	5,70	0.031
XII	0,14	0.003	0,05	0.002	4,44	0.024

Как видно из таблицы 5, в основном формирование стока в водосборе бассейна реки Есиль по продолжительности достаточно ограничено, так как длительность формирования максимального стока 50-60 дней, а в остальное время года его величина резко снижается и в некоторых месяцах равна нулю.

Для количественной оценки степени синхронности внутригодового расхода воды реки и атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки Есиль выполнен сравнительный анализ (таблица 6).

Как видно из таблицы 6, степень синхронности внутригодового расхода воды реки и атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки Есиль достаточно низкая, то есть в начале и конце года равна нулю, только в середине весны достигает максимального значения, что характеризуется особенностями формирования гидрологического режима реки в степных зонах Казахстана, который относится к снегово-дождевому питанию [4].

В связи с этим, для повышения водообеспеченности водосбора бассейна реки Есиль с середины 60-х годов XX столетия по настоящее время сооружено 45 водохранилищ с общим объемом 1583,52 млн. м^3 и полезным объемом 1446,36 млн. м^3.

В верхнем течении реки Есиль сооружено Ишимское водохранилище сезонного регулирования стока с общим объемом 9,2 млн. м^3 и полезным объемом 8,2 млн. м^3. Малая полезная емкость Ишимского водохранилища весьма незначительно трансформирует сток в нижнем течении реки. Основным

регулятором стока Верхнего Есиля является Астанинское (Вячеславское) водохранилище многолетнего регулирования с общим объемом 411 млн. м^3 и полезным объемом 375 млн. м^3. Основным регулятором Нижнего Есиля является Сергеевское водохранилище с полным объемом 693 млн. м^3 и полезным 635 млн. м^3.

Таблица 6 – Оценка степени синхронности внутригодового расхода воды реки и атмосферных осадков водосборной территории бассейна реки Есиль

Мес-яцы	Гидрологические посты и метеорологические станции в бассейне реки Есиль								
	Есиль - город Астана			Есиль - город Державинск			Есиль - город Перопавловск		
	K_{qi}	K_{oci}	K_{ci}	K_{qi}	K_{oci}	K_{ci}	K_{qi}	K_{oci}	K_{ci}
I	0.001	0,37	0.003	0.000	0,68	0.000	0.016	0,40	0.040
II	0.000	0,29	0.000	0.000	0,48	0.000	0.013	0,29	0.045
III	0.000	0,29	0.000	0.000	0,72	0.000	0.011	0,31	0.035
IV	1.000	0,45	4.500	0.771	0,54	1.428	0.609	0,39	1.561
V	0.174	0,59	0.294	1.000	0,77	1.298	1.000	0,55	1.818
VI	0.025	0,73	0.342	0.002	0,98	0.002	0.274	0,89	0.308
VII	0.011	1,00	0.011	0.001	1,00	0.001	0.092	1,00	0.092
VIII	0.005	0,59	0.008	0.001	0,81	0.001	0.052	0,85	0.061
IX	0.006	0,45	0.013	0.000	0,66	0.000	0.039	0,55	0.071
X	0.008	0,53	0.015	0.000	0,66	0.000	0.035	0,24	0.146
XI	0.010	0,47	0.021	0.000	0,72	0.000	0.031	0,29	0.107
XII	0.003	0,41	0.007	0.002	0,72	0.003	0.024	0,27	0.089

Замыкающим водохранилищем Есильского каскада на территории Республики Казахстан является Петропавловское с общим объемом 19,2 млн. м^3 и полезным 16,1 млн. м^3, осуществляющее сезонное регулирование стока [2].

Выводы. Таким образом, водосбор бассейна реки Есиль формируется в условиях резко континентального и засушливого климата, который по характеру водного режима в естественных условиях большинства рек бассейна реки Есиль относится к казахстанскому типу снегово-дождевого питания, характеризующегося низкой степенью синхронности внутригодового расхода воды реки и атмосферных осадков, что определяет возможность управления и регулирования стока речных бассейнов с помощью комплекса гидротехнических сооружений, предназначенных для магазинирования поверхностного стока в ранний весенний период и распределения его водопотребителям в течение года.

Список используемых источников

1. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление: в 21 томе. - Алматы, 2012. Т. V: Климат Казахстана – основа формирования водных ресурсов / Под науч. ред. Сальникова В. Г. – 430 с.

2. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление: в 21 томе. - Алматы, 2012. Т.VII: Ресурсы речного стока Казахстана. Кн.1: Возобновляемые ресурсы поверхностных вод

Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана / Под науч. Ред. Р.И.Гальперина. – 684 с.

3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – Книга 1. – №18. – 514 с.

4. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Калмашова А.Н. Особенности формирования гидрологического режима стока бассейна река Есиль // Гидрометеорология и экология. – 2018. – №1. – С. 66-74.

УДК 551.583

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ВОДОСБОРАХ БАССЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ШУ

Ж.С. Мустафаев, А.Т.Козыкеева, А.М. Камалиев
НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан

Актуальность. Климат является важнейшим непрерывно действующим средообразующим фактором в природной системе, влияющим на условия формирования среды обитания и жизнедеятельность человека. Климатические условия природной системы постоянно меняются, то есть непрерывно изменяются, подчиняясь сложным законам эволюции климатической системы.

Главными климатообразующими факторами водосбора речных бассейнов являются природные зоны, которые выражаются метеорологическими показателями, то есть в основном температурой воздуха и атмосферными осадками, являющимися одними из важнейших географических характеристик природной системы, строго подчиняющихся закону географии - закону географической зональности [1, 2].

Цель исследования является оценка современного изменения климата водосбора бассейна реки Шу и его зависимости от многолетних изменений средних годовых температур воздуха и атмосферных осадков, как средообразующих факторов.

Объект исследований – река Шу, берущая начало в ледниках Тескей-Ала-Тоо и Кыргызского хребта. Река Шу протекает по территориям Киргизии и Казахстана. Длина реки – 1186 км, из них в пределах Казахстана – 800 км. Площадь водосборного бассейна – 67500 км². Основные притоки: справа –Чонг-Кемин, Ыргайты, Какпатас; слева – Аламедин, Аксу, Курагаты. В нижнем течении река течет по казахстанской территории, образуя северную границу пустыни Мойынкум, пересыхает в песках, лишь во время паводка впадая в бессточное соленое озеро Акжайкын среди обширных солончаков Ащыкольской впадины.

Материалы и методы исследования. В работе использованы многолетние информационно-аналитические материалы «Кыргызгидромет» Кыргызской Республики и «Казгидромет» Республики Казахстан о температуре воздуха и атмосферных осадках, то есть климатические характеристики определялись по данным 5 метеорологических станций, расположенных в водосборе бассейна реки Шу, охватывающих зоны формирования и магазинирования гидрологического стока [3, 4]. Анализ климатических характеристик произведен с использованием

катенарного подхода, который предполагает геоморфологическую схематизацию ландшафтных катен водосбора речных бассейнов Шу, характеризующихся в зоне горного класса ландшафтов (элювиальная фация), предгорного подкласса ландшафтов (трансэлювиальная фация), предгорного равнинного подкласса ландшафтов (трансаккумулятивная фация) и равнинного класса ландшафтов (супераквиальная и субаквиальная фация) [5].

Методы исследований сформировались на основе уровня решаемых вопросов, то есть с целью выявления и согласованности изменений исследуемых климатических характеристик использовались оценочные параметры линейных трендов [6].

Результаты исследований. Прогнозирование и оценка изменений климата водосбора бассейна реки Шу проводились на основе многолетних информационно-аналитических материалов «Кыргызгидромет» Кыргызской Республики и «Казгидромет» Республики Казахстан о температуре воздуха и атмосферных осадков в период 1940-2017 годов, с разделением их на четыре этапа продолжительностью 20 лет. Изменение температуры воздуха и атмосферных осадков по отдельным периодам в сравнении с базовым периодом определялось как разница климатического показателя i–го периода и базового периода наблюдений, т.е.:

$$\Delta t_i = t_i - t_б \text{ и } \Delta O_{ci} = O_{ci} - O_{сб},$$

где: Δt_i, ΔO_{ci} - изменение температуры воздуха и атмосферных осадков по отдельным периодам; t_i, O_{ci} - температура воздуха и атмосферных осадков i–го периода; $t_б$, $O_{сб}$ - температура воздуха и атмосферных осадков базового периода. С этой позиции статистическое описание состояния климатической системы и изменчивость характеристик ее компонентов в различные периоды времени в рамках геоморфологической схематизации ландшафтных катен водосбора речного бассейна Шу, на основе изменчивости среднемесячных и годовых оценок климатических характеристик приведены в таблице 1 и на рисунках 1-5.

Таблица 1– Изменение температуры воздуха (t_i, °С) и атмосферных осадков (O_{ci}, мм) в водосборе бассейна реки Шу

Месяцы	Среднее за 1941-1960 гг. (база)	Среднеклиматические показатели в период наблюдений					
		1961-1980		1981-2000		2001-2017	
		t_i	Δt_i	t_i	Δt_i	t_i	Δt_i
Среднемесячная температура воздуха, °С							
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)- метеостанция Тео-Ашуу							
Январь	-11,6	-11,6	0,0	-10,9	0,7	-14,7	-3,1
Февраль	-10,8	-10,9	-0,1	-10,7	0,1	-13,7	-2,9
Март	-6,8	-6,6	0,2	-7,2	-0,4	-7,8	-1,0
Апрель	-1,5	-1,1	0,4	-1,0	0,4	-2,7	-1,2

Месяцы	Среднее за 1941-1960 гг. (база)	Среднеклиматические показатели в период наблюдений					
		1961-1980		1981-2000		2001-2017	
		t_i	Δt_i	t_i	Δt_i	t_i	Δt_i
Май	2,3	2,6	0,3	2,7	0,4	1,7	-0,6
Июнь	6,1	6,3	0,2	6,0	-0,1	5,2	-0,9
Июль	8,6	8,6	0,0	9,0	0,4	7,4	-1,2
Август	8,1	8,7	0,6	9,0	0,6	7,4	-0,7
Сентябрь	4,5	4,3	-0,2	4,2	-0,3	4,2	-0,3
Октябрь	-1,0	-1,2	-0,1	-2,5	-1,5	-2,0	-1,0
Ноябрь	-6,2	-5,9	0,3	-7,2	-1,0	-7,8	-1,6
Декабрь	-9,0	-8,8	0,2	-10,7	-1,7	-12,9	-3,9
Среднее	-1,4	-1,3	0,1	-1,6	-0,2	-3,0	-1,6
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация) – метеостанция Байтик							
Январь	-4,2	-5,5	-1,3	-3,8	0,4	-5,5	-1,3
Февраль	-3,5	-4,9	-1,4	-4,1	-0,6	-5,0	-1,5
Март	0,6	0,5	-0,1	-0,3	0,9	2,0	1,4
Апрель	6,3	7,7	1,4	6,7	0,4	7,8	1,5
Май	11,4	12,2	0,6	11,2	0,2	13,0	1,6
Июнь	15,1	16,7	1,6	15,7	0,6	16,9	1,8
Июль	18,1	19,5	1,4	18,3	0,2	18,6	0,5
Август	17,2	18,1	0,9	17,5	0,3	17,8	0,6
Сентябрь	12,6	12,9	0,3	12,6	0,0	13,5	0,9
Октябрь	6,6	6,7	0,1	6,2	0,4	6,5	-0,1
Ноябрь	0,4	1,7	1,3	1,5	1,1	1,1	0,7
Декабрь	-3,3	-2,4	0,9	-1,9	1,4	-4,4	-1,1
Среднее	6,4	6,9	0,5	6,6	0,2	6,9	0,5
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (трансаккумулятивная фация) – метеостанция Бишкек							
Январь	-3,8	-4,3	-0,5	-3,1	0,7	-2,3	1,5
Февраль	-2,5	-2,9	-0,4	-1,5	1,0	-0,4	2,1
Март	3,8	4,6	0,8	4,0	0,2	7,0	3,2
Апрель	11,5	12,8	1,3	12,1	0,6	12,9	1,4
Май	17,0	17,0	0,0	16,9	-0,1	18,4	1,4
Июнь	21,0	21,9	0,9	22,2	1,2	23,3	2,3
Июль	24,2	22,9	-1,3	23,7	-0,5	25,4	1,3
Август	22,8	22,9	0,1	24,9	2,1	24,3	1,5
Сентябрь	17,5	17,6	0,1	18,3	0,8	19,0	1,5
Октябрь	10,5	10,6	0,1	10,6	0,1	11,8	1,3
Ноябрь	1,5	3,8	2,3	3,2	1,7	4,9	3,4
Декабрь	-4,0	-1,7	2,3	-0,5	3,5	-1,6	2,4
Среднее	10,0	10,6	0,6	11,0	1,0	10,6	0,6

Месяцы	Среднее за 1941-1960 гг. (база)	Среднеклиматические показатели в период наблюдений					
		1961-1980		1981-2000		2001-2017	
		t_i	Δt_i	t_i	Δt_i	t_i	Δt_i
Равнинный подкласс ландшафтов (супераквиальная фация) – метеостанция Толе би							
Январь	-9,4	-9,4	0,0	-6,1	3,3	-6,8	1,6
Февраль	-6,3	-4,0	2,3	-4,0	2,3	-3,6	2,7
Март	0,4	3,3	2,9	3,3	2,9	6,2	5,8
Апрель	11,1	13,0	1,9	12,7	1,6	13,1	2,0
Май	17,3	18,1	0,8	17,9	0,6	19,0	1,7
Июнь	22,1	24,3	1,2	23,3	1,2	24,0	1,9
Июль	25,0	25,6	0,6	25,5	0,5	25,4	0,4
Август	23,5	23,0	0,5	23,8	0,3	23,9	0,4
Сентябрь	17,9	16,9	-1,0	18,0	0,1	18,0	0,1
Октябрь	9,0	9,3	0,3	9,6	0,6	11,7	2,7
Ноябрь	-1,8	-1,6	0,2	2,0	3,8	2,9	4,7
Декабрь	-8,0	-4,5	3,5	-2,4	5,6	-5,1	2,9
Среднее	8,4	9,5	1,1	10,3	1,9	10,7	2,3
Равнинный подкласс ландшафтов (субаквиальная фация) – метеостанция Уланбель							
Январь	-9,8	-10,6	-0,8	-7,5	2,3	-7,8	2,0
Февраль	-7,5	-9,0	-1,5	-7,2	0,3	-4,9	2,6
Март	0,6	0,7	0,1	0,9	0,3	4,0	3,4
Апрель	11,1	12,2	1,1	13,1	2,0	13,0	1,8
Май	18,2	19,2	1,0	18,9	0,7	20,1	1,9
Июнь	23,3	24,4	1,1	26,1	2,4	25,5	2,2
Июль	25,8	25,3	-0,5	27,3	1,5	26,9	1,1
Август	23,7	23,7	0,0	24,8	1,1	25,4	1,7
Сентябрь	17,6	17,1	-0,5	17,5	-0,1	17,0	-0,6
Октябрь	7,8	8,0	0,2	8,3	0,5	9,8	2,0
Ноябрь	-2,0	0,4	2,4	0,2	2,2	1,1	3,1
Декабрь	-7,2	-6,0	1,2	-5,6	1,6	-6,7	0,5
Среднее	8,5	8,8	0,3	9,7	1,2	10,3	1,8
Атмосферные осадки (O_{ci}), мм							
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация) – метеостанция Тео-Ашуу							
Январь	25,0	32,0	7,0	27,0	2,0	23,0	-2,0
Февраль	56,0	38,0	-18,0	21,0	-35,0	40,0	-16,0
Март	87,0	59,0	-26,0	45,0	-42,0	54,0	-33,0
Апрель	41,0	72,0	31,0	61,0	20,0	59,0	18,0
Май	90,0	87,0	-3,0	85,0	-5,0	81,0	-9,0
Июнь	60,0	88,0	28,0	84,0	24,0	118,0	58,0

Месяцы	Среднее за 1941-1960 гг. (база)	Среднеклиматические показатели в период наблюдений					
		1961-1980		1981-2000		2001-2017	
		t_i	Δt_i	t_i	Δt_i	t_i	Δt_i
Июль	64,0	67,0	3,0	64,0	0,0	92,0	28,0
Август	35,0	45,0	10,0	45,0	10,0	56,0	21,0
Сентябрь	50,0	43,0	-7,0	54,0	4,0	55,0	-5,0
Октябрь	44,0	66,0	22,0	71,0	27,0	63,0	19,0
Ноябрь	46,0	50,0	4,0	55,0	9,0	49,0	3,0
Декабрь	30,0	37,0	7,0	32,0	2,0	51,0	21,0
Годовые	628,0	684,0	56,0	644,0	16,0	741,0	113,0
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация) – метеостанция Байтик							
Январь	19,0	19,0	0,0	22,0	3,0	24,0	5,0
Февраль	21,0	25,0	4,0	25,0	4,0	28,0	7,0
Март	54,0	48,0	-6,0	43,0	-11,0	46,0	-8,0
Апрель	75,0	84,0	9,0	64,0	-11,0	60,0	-15,0
Май	84,0	93,0	9,0	65,0	-19,0	62,0	22,0
Июнь	86,0	75,0	-11,0	43,0	-43,0	40,0	-46,0
Июль	48,0	52,0	4,0	25,0	-23,0	24,0	-24,0
Август	29,0	31,0	2,0	15,0	-14,0	16,0	-13,0
Сентябрь	21,0	26,0	5,0	12,0	-19,0	11,0	-10,0
Октябрь	34,0	39,0	5,0	33,0	-1,0	32,0	-2,0
Ноябрь	33,0	35,0	2,0	33,0	0,0	35,0	2,0
Декабрь	21,0	21,0	0,0	25,0	4,0	30,0	9,0
Годовые	525,0	548,0	23,0	405,0	20,0	408,0	-117,0
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (трансаккумулятивная фация) – метеостанция Бишкек							
Январь	23,0	26,0	3,0	25,0	2,0	32,0	9,0
Февраль	27,0	33,0	6,0	30,0	3,0	40,0	13,0
Март	56,0	48,0	-6,0	45,0	-9,0	51,0	5,0
Апрель	69,0	81,0	12,0	66,0	-3,0	77,0	8,0
Май	58,0	63,0	5,0	62,0	4,0	65,0	7,0
Июнь	43,0	36,0	-7,0	34,0	-9,0	34,0	-9,0
Июль	16,0	16,0	0,0	21,0	5,0	19,0	3,0
Август	9,0	14,0	5,0	13,0	4,0	12,0	3,0
Сентябрь	14,0	17,0	3,0	20,0	6,0	16,0	2,0
Октябрь	31,0	38,0	7,0	41,0	10,0	46,0	15,0
Ноябрь	35,0	43,0	8,0	44,0	9,0	47,0	12,0
Декабрь	27,0	28,0	1,0	32,0	5,0	39,0	12,0
Годовые	408,0	443,0	35,0	433,0	25,0	478,0	70,0

Месяцы	Среднее за 1941-1960 гг. (база)	Среднеклиматические показатели в период наблюдений					
		1961-1980		1981-2000		2001-2017	
		t_i	Δt_i	t_i	Δt_i	t_i	Δt_i
Равнинный подкласс ландшафтов (супераквиальная фация) – метеостанция Толе би							
Январь	49,0	19,0	-30,0	21,0	-28,0	29,0	-20,0
Февраль	20,0	17,0	-3,0	21,0	1,0	28,0	8,0
Март	63,0	26,0	-37,0	24,0	-39,0	34,0	-29,0
Апрель	42,0	29,0	-17,0	25,0	-17,0	38,0	-4,0
Май	50,0	25,0	-25,0	24,0	-26,0	33,0	-17,0
Июнь	22,0	15,0	-7,0	24,0	2,0	23,0	1,0
Июль	12,0	12,0	0,0	10,0	-2,0	17,0	5,0
Август	12,0	9,0	-3,0	5,0	-7,0	10,0	2,0
Сентябрь	6,0	10,0	4,0	10,0	4,0	9,0	3,0
Октябрь	21,0	36,0	15,0	27,0	6,0	39,0	18,0
Ноябрь	36,0	28,0	-6,0	38,0	2,0	38,0	2,0
Декабрь	41,0	42,0	1,0	36,0	-5,0	30,0	-11,0
Годовые	374,0	268,0	-106,0	265,0	109,0	328,0	-46,0
Равнинный подкласс ландшафтов (субаквиальная фация) – метеостанция Уланбель							
Январь	13,0	17,0	4,0	19,0	6,0	13,0	0,0
Февраль	13,0	15,0	2,0	19,0	6,0	14,0	1,0
Март	26,0	23,0	-3,0	22,0	-4,0	18,0	-8,0
Апрель	22,0	30,0	8,0	25,0	3,0	21,0	-1,0
Май	19,0	22,0	3,0	24,0	5,0	26,0	7,0
Июнь	14,0	9,0	-5,0	9,0	-5,0	10,0	-4,0
Июль	5,0	5,0	0,0	7,0	2,0	3,0	-2,0
Август	7,0	3,0	-4,0	2,0	-5,0	6,0	-1,0
Сентябрь	1,0	4,0	3,0	4,0	3,0	1,0	0,0
Октябрь	10,0	19,0	9,0	14,0	4,0	11,0	1,0
Ноябрь	14,0	24,0	10,0	22,0	8,0	16,0	2,0
Декабрь	14,0	24,0	10,0	22,0	8,0	13,0	-1,0
Годовые	158,0	195,0	37,0	189,0	31,0	162,0	4,0

Оценка сезонных изменений произведена относительно базового периода (1941-1960 гг.) по данным метеостанции Тео-Ашуу, расположенной в горной зоне водосбора бассейна реки Шу, показала, что в период 1961-1980,1981-2000 и 2001-2017 годов наблюдается снижение среднегодовых и месячных температур воздуха до -1,6^{o}C и сокращение продолжительности биологического активного периода ($t_i > +5^{O}C$). При этом наблюдается увеличение атмосферных осадков до 113 мм.

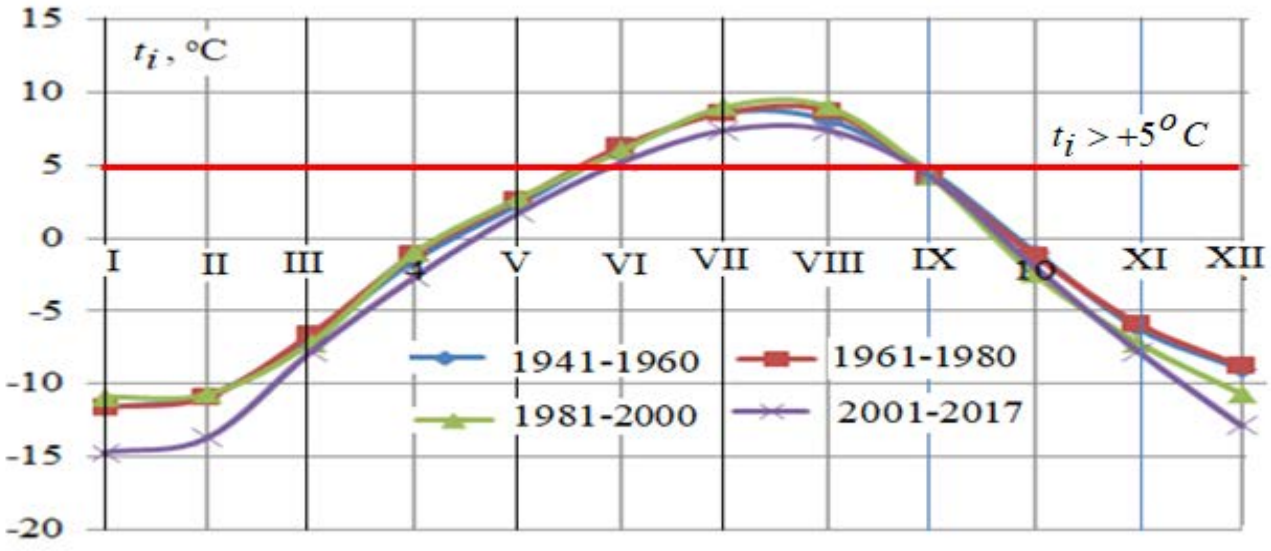


Рисунок 1 – Сравнительные сезонные изменения среднемесячной температуры воздуха и оценка изменения продолжительности биологического активного периода
(горный класс ландшафтов (элювиальная фация) – метеостанция Тео-Ашуу)

При оценке изменения климатических характеристик предгорной (трансэлювиальной) зоны трансформации геостока водосбора бассейна реки Шу использовались многолетние, охватывающие 1915-2017 годы, информационно-аналитические материалы метеостанции Байтик, являющейся стационарной сетью «Кыргызгидромет» Кыргызской Республики, расположенной в предгорной зоне Тескей-Ала-Тоо и Кыргызского хребта, на высоте 1590 м (таблица 1 и рисунок 2).

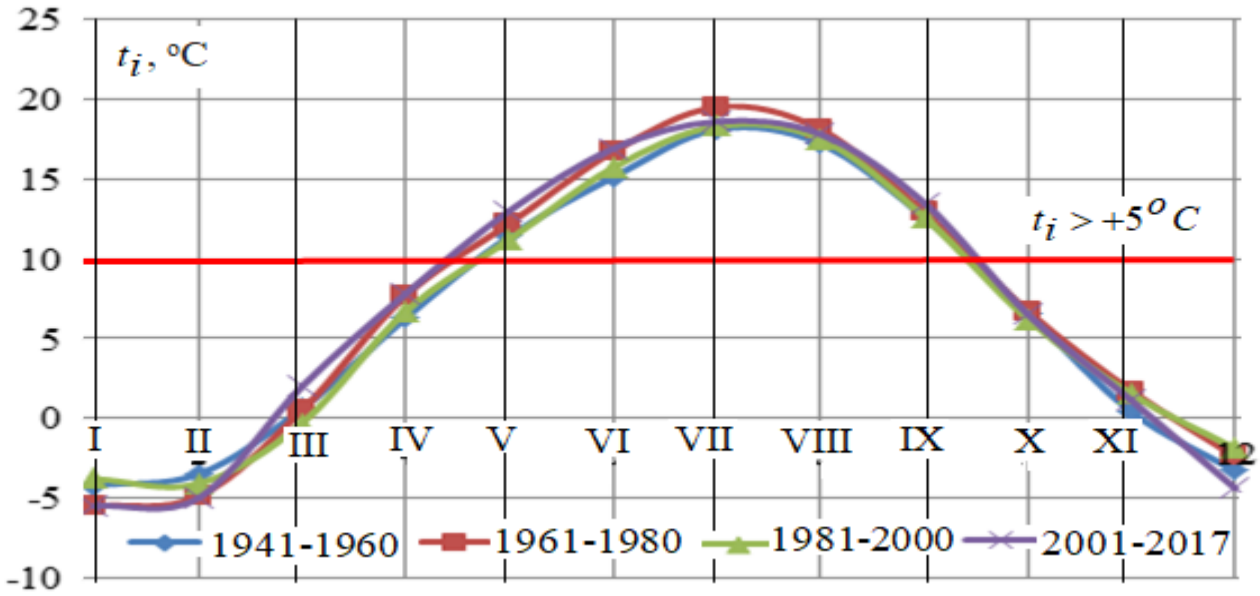


Рисунок 2 – Сравнительные сезонные изменения среднемесячной температуры воздуха и оценка изменения продолжительности биологического активного периода
(предгорный класс ландшафтов (трансэлювиальная фация) – метеостанция Байтик)

Сравнение среднемесячных температур воздуха за базовый период 1941 - 1960 годов с годами 1961-1980, 1981-2000 и 2001-2017 в предгорной (трансэлювиальной) зоне водосбора бассейна реки Шу, на основе информационно-аналитических материалов метеостанции Байтик показало, что наибольший рост температуры (причем на всех высотах) наблюдался в теплые месяцы – апрель, май, июнь, июль, август и сентябрь, тогда как в холодный период снижается температура воздуха, а за год в целом температура воздуха повышается на 0,0-0,5°С.

При этом четко прослеживается тенденция уменьшения атмосферных осадков, то есть в сравнении с базовым периодом (525 мм) уменьшается до 117.0 мм и наблюдается увеличение продолжительности биологического активного периода 1961-1980 и 1981-2000 годов, однако в период 2001-2017 годов существенное сокращение длительности биологического активного периода.

Климатическая характеристика зоны предгорной равнины (трансаккумулятивной) водосбора бассейна рек Шу, которая проходит через Кочкарскую и Ортогайскую впадины и через Боомское ущелье входит Шуйскую впадину, характеризуется данными о среднегодовых температурах воздуха и атмосферных осадках метеостанции Бишкек, расположенной на высоте 756 м (таблица 1 и рисунок 3).

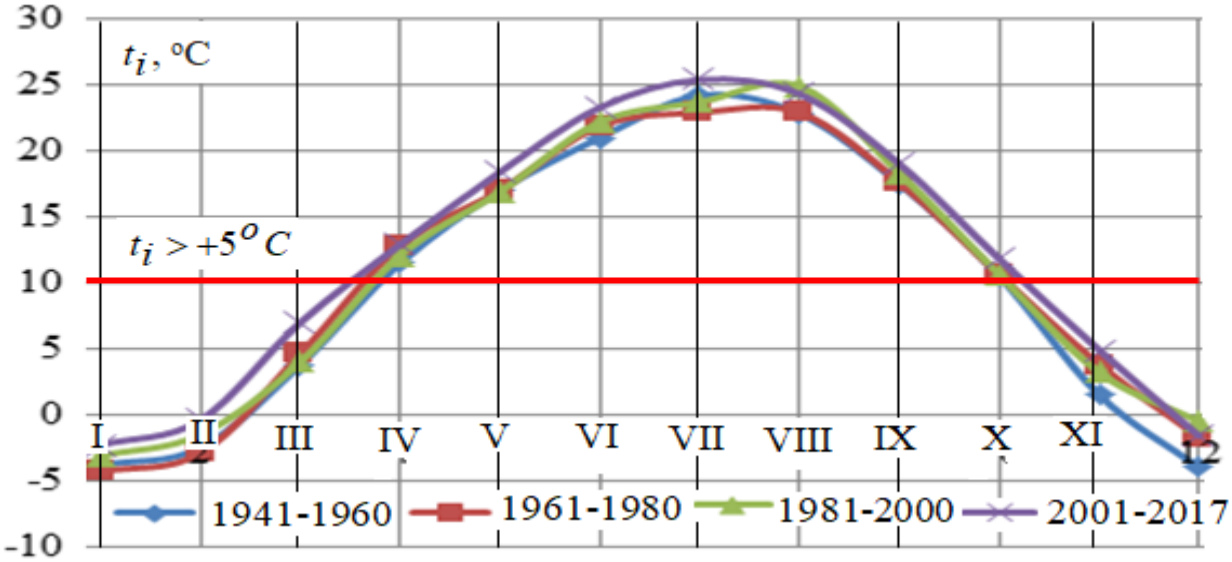


Рисунок 3 – Сравнительные сезонные изменения среднемесячной температуры воздуха и оценка изменения продолжительность биологического активного периода
(предгорный равнинный подкласс ландшафтов (трансаккумулятивная фация) – метеостанция Бишкек)

Оценка сезонных и годовых изменений температуры воздуха, произведенная относительно базового периода (1941-1960 гг.) по многолетним информационно-аналитическим материалам метеостанции Бишкек, расположенной в предгорном равнинном подклассе ландшафтов (трансаккумулятивная фация) показала, что в 1961-1980, 1981-2000 и 2001- 2017 годы постоянно наблюдается по-

вышение среднемесячных и годовых температур воздуха на 0,6-1,0°С и атмосферных осадков на 25-70 мм. При этом существенно увеличилась средняя длительность биологически активного периода, которая приводит к аридизации климата.

Оценка изменения климатических показателей равнинной (супераквальной) зоны с пониженной трансформацией геостока водосбора бассейна реки Шу представлена метеостанцией Толе би, расположенной на высоте 456 м (таблица 1 и рисунок 4).

Как видно из таблицы 1 и рисунка 4, сравнительная оценка изменений температуры воздуха, произведенная относительно базового периода (1941-1960 гг.) по многолетним информационно-аналитическим материалам метеостанции Толе би показала, что в 1961-1980, 1981-2000 и 2001-2017 годы наблюдается существенное повышение среднемесячных температур воздуха до 5,0°С и годовых на 1.1-2,3°С. При этом в сравнении с базовым периодом (1941-1960 гг.) наблюдается снижение атмосферных осадков на 45-106 мм и увеличение длительности биологического активного периода.

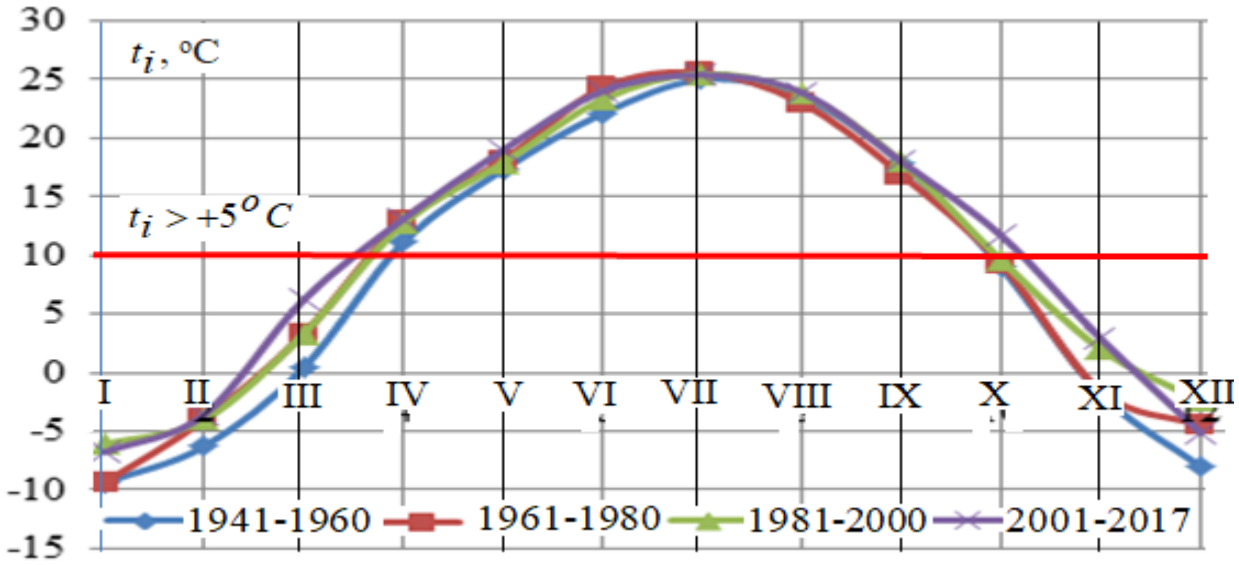


Рисунок 4 – Сравнительные сезонные изменения среднемесячной температуры воздуха и оценка изменения продолжительности биологического активного периода
(равнинный подкласс ландшафтов (супераквиальная фация) – метеостанция Толе би)

Климатическая характеристика равнинной (субаквальной) зоны аккумуляции геостока водосбора бассейна рек Шу, представляющей собой внутриконтинентальную дельту, то есть Гуляевские (общей протяженностью около 140-150 км и шириной до 50-60 км), Уланбелские (протяженностью 100 км и шириной до 6-8 км) и Камкалинские (протяженностью около 150 км и шириной до 3-25 км), представлены многолетними архивными материалами метеостанции Уланбель, расположенной на отметке 266,0 м (таблица 1 и рисунок 5).

Как видно из таблицы 1 и рисунка 5, наблюдается существенное повышение среднегодовых и месячных температур воздуха в сравнении с базовым периодом наблюдения (1941-1960 гг.), однако резкого сокращения атмосферных осадков не наблюдается, снижение на 4-35 мм приводило к увеличению длительности биологического активного периода.

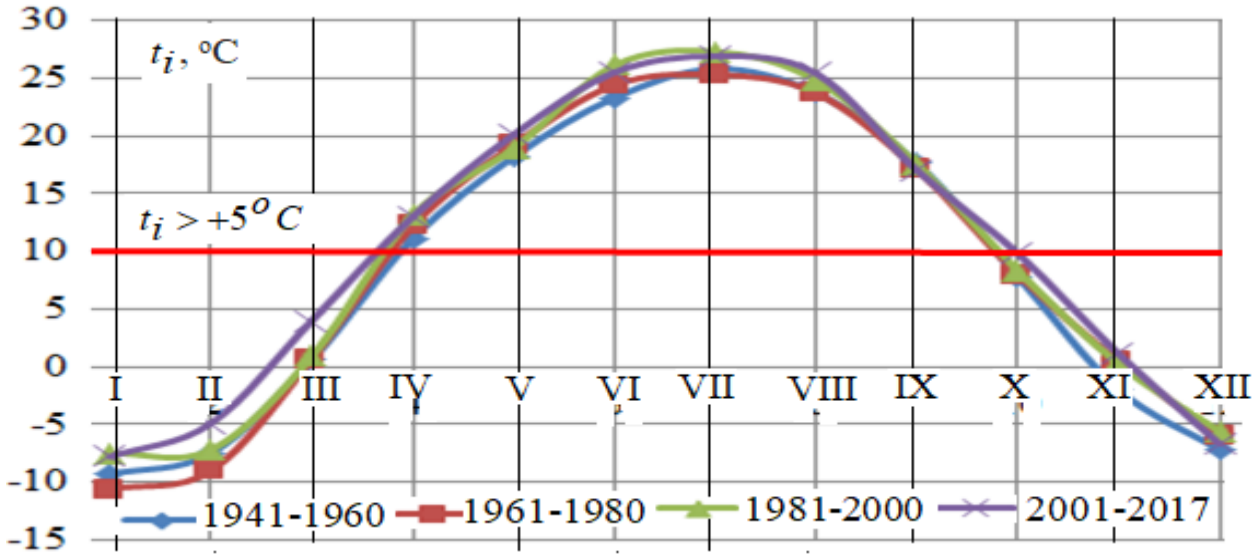


Рисунок 5 – Сравнительные сезонные изменения среднемесячной температуры воздуха и оценка изменения продолжительности биологического активного периода
(равнинный подкласс ландшафтов (субаквиальная фация) – метеостанция Уланбель)

Выводы. Таким образом, в среднем в водосборе бассейна реки Шу в период инструментальных наблюдений (1981-2017 гг.) в сравнении с базовым (1941-1960 гг.) в горном классе ландшафтов (элювиальная фация) (метеостанция Тео-Ашуу) происходило снижение среднемесячных и годовых температур воздуха, что приводило к похолоданию климата, и наблюдалось увеличение атмосферных осадков, повышающее естественную влагообеспеченность природной системы. При этом начиная с предгорного класса ландшафтов (трансэлювиальная фация) до равнинного подкласса ландшафтов (субаквиальная фация) наблюдается повышение среднемесячных и годовых температур воздуха и снижение атмосферных осадков, которые привели к увеличению длительности биологического активного периода и аридизации климата, что необходимо учитывать при комплексном обустройстве водосбора бассейна реки Шу.

Список используемых источников

1. Кирейчева Л.В., Козыкеева А.Т., Даулетбай С.Д. Комплексное обустройство реки Шу (монография). – Saarbrucken. Deutschland. 2016. – 140 с.

2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 13: Многолетние данные. Ч.1-6, вып.18: КазССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – Кн. 2. – 656 с.

3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 13: Многолетние данные. Ч.1-6, вып.32: Киргизская ССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 589 с.

4. Ильясов Ш., Забенко О., Гайдамак Н., Кириленко А., Мырсалиев Н., Шевченко В., Пенкина Л. Климатический профиль Кыргызской Республики. – Бишкек, 2013. – 99 с.

5. Развитие сотрудничества по адаптации к изменению климата в трансграничных бассейнах рек Чу и Талас Казахстан и Кыргызстан (Краткое изложение) – Zoï Environment Network, 2014. – 40 с.

6. Хохлов В.Н. Количественное описание изменения климата Европы во второй половине XX века // Український гідрометеорологічний журнал. 2007. –№2. – С. 35-42.

УДК 502.504:627.83

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОСБОРА БАССЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ИЛИ

Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, Л. Рыскулбекова
НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан

Актуальность. Потенциал самоочищения природной среды водосбора речных бассейнов можно рассматривать как интегральную экологическую оценку техногенных процессов, которые возникают при загрязнении в условиях антропогенной деятельности. При этом именно через определение потенциала самоочищения водной экологической системы появляется возможность определить степень влияния антропогенной деятельности в формировании эколого-водохозяйственного состояния водосборов речных бассейнов. Потенциал самоочищения природной среды водосборов речных бассейнов определяет его геоэкологическую устойчивость к техногенным воздействиям.

Любое техногенное вмешательство в структуру миграционных процессов в водосборах речных бассейнов влечет за собой прямую или обратную цепную реакцию, которые приводят к экологическому нарушению в водной среде и особенно проявляются в их трансаккумулятивной зоне, что требует необходимости проведения эколого-водохозяйственной оценки с учетом уровня изменения внешних факторов, в условиях антропогенной деятельности.

Объект исследования. Река Или является основной водной артерией бассейна озера Балкаш. Она берет начало на ледниках Музарт в Центральном Таниртау истоком реки Текес, на горном хребте в Кыргызстане и частично Казахстане, затем течет по территории КНР, где сливается с реками Кунес и Каш, затем снова входит в пределы Республики Казахстан и на 1001-м км впадает в озеро Балкаш. Общая длина реки составляет 1439 км, а в пределах Республики Казахстан - 815 км. Площадь бассейна реки Или на территории Казахстана составляет 77400 км^2, тогда как общая площадь равна 140 тыс. км^2 (примерно 75% водосборной площади озера Балкаш) [1]. Стокоформирующая часть бассейна расположена в Китае (густота сети – от 0,6 до 3 км/км^2) [1].

Цель исследования – провести оценку эколого-водохозяйственного состояния водосбора бассейна реки Или в Казахстанской части, на основе многолетних наблюдений с помощью гидрохимических показателей.

Материалы и методы исследования. На основе информационной базы, для оценки качества воды и экологического состояния водных объектов в бассейне реки Или, были использованы материалы сборников «Ежегодные данные

о качестве поверхностных вод» Республики Казахстан» РГП «Казгидромет» МОСВР РК и многолетние фондовые и литературные источники по гидрохимическим показателям [1], включающим азот аммонийный (NH_4), азот нитритный (NO_2), азот нитратный (NO_3), хлориды (Cl), сульфаты (SO_4), медь (Cu), цинк (Zn), железо общее (Fe) и нефтепродукты (таблица 1).

Таблица 1 – Концентрации загрязняющих веществ в речной воде в водосборе бассейна реки Или в пространственно-временном масштабе

Показатель	Средние концентрации загрязняющих веществ за период, год				
	1990	1995	2000	2005	2010
Река Или - в створе гидропоста пристань Добын					
Расход воды (Q), м^3/с	435,0	409,0	370,0	480,0	595,0
Взвешенные вещества, мг/л	-	751,6	123,3	49,2	-
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	-	0,10	0,11	0,06	-
Азот нитритный (NO_2), мг/л	-	0,01	0,03	0,06	-
Азот нитратный (NO_3), мг/л	-	1,00	0,87	0,72	-
Нефтепродукты, мг/л	-	0,06	0,07	0,03	0,025
Хлориды (Cl), мг/л	-	8,87	6,55	12,86	-
Сульфаты (SO_4), мг/л	-	76,70	77,06	62,38	-
Железо общее (Fe), мг/л	-	0,18	0,30	0,34	0,233
Медь (Cu), мг/л	-	3,33	14,52	7,10	8,568
Цинк (Zn), мг/л	-	5,00	22,46	4,00	2,005
Река Или - в створе гидропоста 164 км выше ГЭС					
Расход воды (Q), м^3/с	493,0	454,0	433,0	521,0	750,0
Взвешенные вещества, мг/л	-	-	120,6	69,0	
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	-	-	0,07	0,11	0,027
Азот нитритный (NO_2), мг/л	-	-	0,03	0,02	0,020
Азот нитратный (NO_3), мг/л	-	-	0,94	0,89	0,599
Нефтепродукты, мг/л	-	-	0,05	0,03	0,011
Хлориды (Cl), мг/л	-	-	7,31	11,80	-
Сульфаты (SO_4), мг/л	-	-	80,91	79,43	-
Железо общее (Fe), мг/л	-	-	0,14	0,14	0,074
Медь (Cu), мг/л	-	-	6,32	8,08	10,78
Цинк (Zn), мг/л	-	-	13,95	1,95	1,763
Река Или - в створе гидропоста Капчагай 26 км ниже ГЭС					
Расход воды (Q), м^3/с	454,0	451,0	526,0	533,0	718,0
Взвешенные вещества, мг/л	29,4	20,6	40,0	14,2	-
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,03	0,05	0,08	0,09	0,009
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005
Азот нитратный (NO_3), мг/л	0,66	0,56	0,81	2,14	0,573
Нефтепродукты, мг/л	0,15	0,15	0,05	0,02	0,009

Показатель	Средние концентрации загрязняющих веществ за период, год				
	1990	1995	2000	2005	2010
Хлориды (Cl), мг/л	18,69	35,03	5,65	70,31	-
Сульфаты (SO_4), мг/л	61,59	98,34	78,0	70,28	-
Железо общее (Fe), мг/л	0,06	0,11	0,05	0,13	0,065
Медь (Cu), мг/л	0,93	1,75	4,36	5,03	6,028
Цинк (Zn), мг/л	2,44	3,63	8,11	3,19	2,468
Река Или – в створе гидропоста село Ушжарма					
Расход воды (Q), м^3/с	447,0	451,0	552,0	539,0	-
Взвешенные вещества, мг/л	46,4	40,4	34,9	33,0	-
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,01	0,03	0,05	0,06	-
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0,00	0,02	0,01	0,01	-
Азот нитратный (NO_3), мг/л	0,61	0,46	0,85	0,67	-
Нефтепродукты, мг/л	0,18	0,17	0,07	0,02	0,007
Хлориды (Cl), мг/л	27,20	30,28	8,26	12,21	-
Сульфаты (SO_4), мг/л	86,40	88,84	78,02	82,13	-
Железо общее (Fe), мг/л	0,06	0,09	0,05	0,05	0,068
Медь (Cu), мг/л	0,13	1,00	3,96	7,26	10,52
Цинк (Zn), мг/л	2,36	6,67	14,15	1,95	1,933

Теоретический и методологический подход основывается на современных представлениях в географической науке о системно-формирующей роли речного стока, структуре и функциях водосборов, определяющих условия жизни людей и функционирование экологических систем.

При этом, для оценки качества воды и экологического состояния водных объектов, в водосборе бассейна реки Или, применена методика В.В. Шабанова, с использованием коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) [2]:

$$K_{пз} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \frac{C_i}{ПДК_i} - 1,$$

где: i – номер загрязняющего воду вещества; N - количество учитываемых веществ; $ПДК_i$ - предельно-допустимая концентрация учитываемых веществ; C_i - фактическая концентрация учитываемых веществ; $K_{пз}$ - коэффициент предельной загрязненности, характеризующий качество воды, состояние водного объекта и его водохозяйственное значение, которое оценивается в соответствии с классификацией, приведенной в таблице 2.

Таблица 2 – Классификация качества воды по показателю коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) [2]

Коэффициент предельной загрязненности ($K_{пз}$)					
Очень чистая	Чистая	Умеренно чистая	Загрязненная	Грязная	Очень грязная
<-0.80	-0.80-0.0	0.0-1.0	1.0-3.0	3.0-5.0	>5.0

Результаты исследования. Оценка качества воды и экологического состояния водных объектов в водосборе бассейна реки Или проводилась в пространственно-временном масштабе с интервалом пять лет для выявления направленности и интенсивности гидрохимического процесса в водных экосистемах, как среде обитания человека (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка загрязненности воды в низовьях реки Или в пространственно-временном масштабе по коэффициенту предельной загрязненности ($K_{пз}$)

Загрязняющие вещества (мг/л)	ПДК, мг/л	Годы				
		1990	1995	2000	2005	2010
Река Или - в створе гидропоста пристань Добын						
Азот аммонийный	0.39	-	-0,743	-0,717	-0,846	-
Азот нитратный	0.02	-	-0,500	0,500	2,000	-
Азот нитратный	9.0	-	-0,888	-0,903	-0,920	-
Нефтепродукты	0.05	-	0,200	0,400	-0,400	-0,500
Хлориды	300.0	-	-0,970	-0,978	-0,957	-
Сульфаты	100.0	-	-0,233	-0,229	-0,366	-
Железо общее	0,30	-	-0,400	0,000	0,133	-0,223
Медь	1,0	-	2,330	13,520	6,10	7,568
Цинк	10,0	-	-0,500	1,246	-0,600	-0,800
$K_{пз}$		-	-0,223	1,610	0,480	1,511
Река Или - в створе гидропоста 164 км выше ГЭС						
Азот аммонийный	0.39	-	-	-0,821	-0,717	-0,930
Азот нитратный	0.02	-	-	0,500	0,000	0,000
Азот нитратный	9.0	-	-	-0,896	-0,901	-0,933
Нефтепродукты	0.05	-	-	0,000	-0,400	-0,780
Хлориды	300.0	-	-	-0,976	0,960	-
Сульфаты	100.0	-	-	-0,191	-0,205	-
Железо общее	0,30	-	-	-0,533	-0,533	-0,753
Медь	1,0	-	-	5,320	7,080	9,786
Цинк	10,0	-	-	0,395	-0,805	-0,824
$K_{пз}$		-	-	0,255	0,497	0,906
Река Или - в створе гидропоста Капчагай 26 км ниже ГЭС						
Азот аммонийный	0.39	-0,923	-0,871	-0,794	-0,769	-0,769
Азот нитратный	0.02	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,750

Загрязняющие вещества (мг/л)	ПДК, мг/л	Годы				
		1990	1995	2000	2005	2010
Азот нитратный	9.0	-0,927	-0,938	-0,910	-0,762	-0,936
Нефтепродукты	0.05	2,000	2,000	0,000	-0,600	-0,820
Хлориды	300.0	-0,938	-0,883	-0,981	-0,766	-
Сульфаты	100.0	-0,384	-0,017	-0,220	-0,297	-
Железо общее	0,30	-0,800	-0,633	-0,833	-0,567	-0,783
Медь	1,0	-0,07	0,750	1,360	4,030	5,028
Цинк	10,0	-0,756	-0,637	-0,189	-0,681	-0,753
$K_{пз}$		-0,366	-0,192	-0,341	-0,101	0,031
Река Или – в створе гидропоста село Ушжарма						
Азот аммонийный	0.39	-	-0,974	-0,923	-0,871	-0,846
Азот нитратный	0.02	-	0,000	0,000	-0,500	-0,500
Азот нитратный	9.0	-	-0,932	-0,949	-0,907	-0,926
Нефтепродукты	0.05	-	2,600	2,400	0,400	-0,600
Хлориды	300.0	-	-0,909	-0,899	-0,972	-0,959
Сульфаты	100.0	-	-0,136	-0,112	-0,220	-0,179
Железо общее	0,30	-	-0,800	-0,700	-0,833	-0,833
Медь	1,0	-	-0,970	0,000	2,960	6,260
Цинк	10,0	-	-0,764	-0,333	0,415	-0,805
$K_{пз}$		-	-0,320	-0,068	0,034	0,068

Таким образом, оценка качества воды, в водосборе бассейна реки Или, проведенная в пространно-временном масштабе, начиная с границы Китайской Народной Республики (гидрологический пост пристань Добын) до устья реки (гидрологический пост село Ушжарма) позволила определить направленность и интенсивность их загрязнения главными ионами (Cl, Na, SO_4), биогенными элементами (NH_4, NO_2, NO_3) и тяжелыми металлами (Cu, Zn). Как видно из таблицы 3 вода в водосборе бассейна реки Или в основном загрязнена тяжелыми металлами (Cu, Zn) и нефтепродуктами, что необходимо учитывать при разработке природоохранных мероприятий. При этом следует отметить, что качество воды в створе гидропоста пристань Добын выше Капшагайского водохранилища по показателю $K_{пз}$ относится к чистой, ниже – в створе гидрологического поста село Ушжарма – к умеренно чистой, и показывает, что во время трансформации водного потока происходит самоочищение на территории исследуемого объекта.

В водосборе бассейна реки Или основными загрязняющими веществами по рыбно-хозяйственным критериям, по которым наблюдались экстремальные значения, являются: азот нитритный, нефтепродукты, сульфаты, медь, цинк, железо общее.

Обсуждение. Система оценки качества и экологического состояния водной экосистемы в водосборе бассейна реки Или, с использованием коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) В.В. Шабанова показали, что по качеству воды

в створе гидропоста пристань Добын, выше Капшагайского водохранилища, относится к чистой, ниже гидрологического поста село Ушжарма – к умеренно чистой. Полученные данные по качеству воды требуют учета при разработке системы мероприятий по охране окружающей среды и предотвращения возможных чрезвычайных ситуаций.

Список используемых источников

1. Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В.,Сокольский В.А., БурлибаеваД.М., Уваров Д.В., Смирнова Д.А., Ефименко А.В., Милюков Д.Ю. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана – Алматы: Издательство «Қанағат», 2014. – том 1. – 744 с.

2. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем – М: МГУП, 2009. – 154 с.

УДК 338.43

ОЦЕНКА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В ВОДОСБОРАХ НИЗОВЬЯ РЕКИ СЫРДАРЬИ

Ж.С. Мустафаев[1], А.Т. Козыкеева[1], А.А. Сагаев[2], Е.Н. Алимбаев[2]
[1]НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан;
[2]Кызылординский государственный университет им. Коркыт-Ата, г.Кызылорда, Казахстан

Для решения геоэкологических проблем в водосборах бассейна реки Сырдарьи и, в том числе, использования водных ресурсов в низовьях реки, мероприятия в перспективе должны соответствовать экономическим, социальным и экологическим принципам использования природных ресурсов и обеспечить необходимость их соблюдения в пространственно-временном масштабе.

Орошаемое земледелие в водосборах низовья реки Сырдарьи направлено на повышение естественной влагообеспеченности, лимитирующей рост и развитие сельскохозяйственных культур, и состоит из специальных мелиоративных мероприятий, обеспечивающих повышение их биологической продуктивности. Однако, как показывает вековой опыт мелиорации сельскохозяйственных земель в водосборах низовья реки Сырдарьи, созданные на основе человеческой деятельности, благоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур, направленные на формирование высокопродуктивных гидроагроландшафтных систем, соответствующих энергетическому потенциалу природной системы, несмотря на то, что объем водных ресурсов в регионе уменьшается, обеспечивались за счет постоянного повышения удельных норм водопотребности сельскохозяйственных угодий во временном масштабе, но их экологическая эффективность постепенно снижается [1, 2, 3].

Таким образом, геоэкологическая оценка водообеспеченности орошаемых массивов, расположенных ниже Шардаринского водохранилища в водосборах

бассейна реки Сырдарьи, является одной из актуальных проблем использования природных ресурсов в отраслях экономики региона и в перспективе водные ресурсы следует рассматривать как первый шаг в эффективном использовании сельскохозяйственной системы.

Цель исследований - оценка эффективности использования водных ресурсов мелиорации сельскохозяйственных земель в условиях Кызылординской области по административным районам, расположенным в водосборах низовья реки Сырдарьи с учетом энергетических ресурсов природной системы, экологических требований почвенного покрова орошаемых земель и социально-экономического спроса населения.

Материалы и методы исследовния. Для оценки эффективности использования водных ресурсов в мелиорации сельскохозяйственных земель в условиях Кызылординской области по административным районам, расположенным в водосборах низовья реки Сырдарьи, использованы многолетние информационно-аналитические метериалы РГП «Казгидромет» и Арал-Сырдарьинской бассейновой инспеции по регулированию использования и охране водных ресурсов Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан [4, 5].

Для оценки степени обеспеченности водными ресурсами орошаемых массивов ниже Шардаринского водохранилища в водосборах бассейна реки Сырдарьи в основном использованы три критериальных показателя, характеризующие экологическое и экономическое состояние гидроагроландшафтных систем.

В природной системе потенциально-возможные испарения влаги с растительного и почвенного покровов определяются на основе энергетических ресурсов климатических условий орошаемых массивов, и для определения испаряемости (E_{oi}) каждого месяца внутри года используется формула Н.Н. Иванова [6]: $E_{oi} = 0{,}0018 \cdot (25 + t_i)^2 (100 - a_i)$, где t_i – среднемесячная температура воздуха, ^oC; a_i - среднемесячная относительная влажность воздуха, % .

Как известно, любой физический процесс изменений и превращений, процесс теплообмена в конкретной географической точке за известный промежуток времени характеризуется законом сохранения энергии, то есть балансом прихода и расхода энергии, которые могут быть использованы для определения экологической нормы водопотребности ($O_{рэi}$) почвенного и растительного покровов естественных ландшафтных систем по следующей формуле [7, 8]:

$$O_{рэi} = [R/(\overline{R}i \cdot L) - O_{ci},$$

где: R_i – активный радиационный баланс, кДж/см^2; O_{ci} - значение атмосферных осадков, мм; $\overline{R}_i$ - гидротермический показатель или «индекс сухости»; L - скрытая теплота парообразования, равная 2,5 кДж/см^2 [9].

В научно-исследовательском центре МКВК под руководстом профессора В.А. Духовного разработана модель социально-экономического развития (СЭМ)

бассейна Аральского моря, на основе математического моделирования демографического, экономического и экологического процессов и их сочетаний, для прогнозирования водопотребности орошаемых земель в период 2000-2005 годов, где дефицит нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий Кызылординской области Республики Казахстан принят в пределах (O_{ppi}) 13600 м^3/га [10].

На основе многолетних информационно-аналитических материалов РГП «Казгидромет» и «Арал-Сырдарьинской бассейновой инспеции по регулированию использования и охране водных ресурсов» Комитета водных ресурсов Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, охватывающих 2000-2018 годы, удельные нормы водопотребности (оросительная норма) сельскохозяйственных угодий Кызылординской области по административным районам в водосборах низовья реки Сырдарьи приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Удельные оросительные нормы сельскохозяйственных земель Кызылординской области по административным районам, м^3/га

Районы	Годы				
	2000	2005	2010	2015	2018
Аралский	20489	24065	14087	3170	2680
Жалагашский	22957	25753	23896	31544	27974
Казалинский	24696	18561	13740	22877	18825
Кармакшинский	23059	22162	26139	25021	23115
Сырдарьинский	23815	32967	22610	30533	19345
Шиелийский	15635	13788	17857	17959	22683
Жанакорганский	17330	14784	25055	15184	35803
Кызылординская область	21111	21272	23382	23545	22289

При этом, как видно из многолетних информационно-аналитических материалов, приведенных в таблице 1, характеризующих фактические оросительные нормы сельскохозяйственных угодий Кызылординской области по административным районам показывают, что в Аралском районе, где не выращиваются рисовые культуры, нормы орошения за рассматриваемые 2000-2018 годы колеблются от 3170 м^3/га до 34278,0 м^3/га и в Жанакорганском и Шиелийском районах, расположенных на юго-востоке области, колеблются от 12718,0 м^3/га до 25055 м^3/га, а в Жалагашском, Казалинском, Кармакшинском и Сырдарьинском районах, расположенных на юго-западе области, колеблются от 13938,0 м^3/га до 32967,0 м^3/га. В целом, удельная норма водопотребности на орошаемых массивах Кызылординской области за рассматриваемые 2000-2018 годы колеблется от 18698,0 м^3/га до 25613,0 м^3/га.

В целом, для оценки соответствия удельной нормы водоподачи орошаемых сельскохозяйственных угодий за рассматриваемый период с 2000 по 2018 годы энергетическим ресурсам природной системы, экологическим требованиям

почвенного покрова орошаемых земель и социально-экономическому спросу населения, предложены понятия и показатели соответствия энергетических ресурсов природной системы ($К_{эт}$), экологическим требованиям ландшафтных систем ($К_{эр}$) социально-экономическим потребностям населения ($К_{сэс}$), которые могут быть определены следующими выражениями:

$$К_{эр} = О_{pi} /(Е_{oi} - О_{ci}) = О_{pi} / \Delta Е_{oi};\ К_{эт} = О_{pi} / О_{рэi};\ К_{сэс} = О_{pi} / О_{ppi},$$

где: $Е_{oi}$ – испаряемости, которые характеризуют энергетические ресурсы природной системы, м^3/га; $\Delta Е_{oi}$ - дефицит испаряемости с дневной поверхности, то есть оросительные нормы растительного и почвенного покровов сельскохозяйственных угодий, мм; $О_{ci}$ - атмосферные осадки, мм; $О_{рэi}$ - экологические нормы водопотребности, которые обеспечивают устойчивость растительного и почвенного покровов ландшафтных систем, м^3/га; $О_{ppi}$ - оросительные нормы, рекомендованные для сельскохозяйственных угодий Кызылординской области научно-исследовательским центром международной координационной водохозяйственной комиссии (МКВК) международного фонда спасения Арала, м^3/га; $О_{pi}$ - фактические оросительные нормы сельскохозяйственных угодий Кызылординской области, м^3/га.

При этом, если $К_{эр} > 1.0$, $К_{эт} > 1.0$ и $К_{сэс} > 1.0$, тогда эффективность использования водных ресурсов на орошаемых землях низкая, а при $К_{эр} < 1.0$, $К_{эт} < 1.0$ и $К_{сэс} < 1.0$, тогда уровень водообеспеченности орошаемых земель низкий и при $К_{эр} = 1.0$, $К_{эт} = 1.0$ и $К_{сэс} = 1.0$, тогда норма водоподачи на орошаемых землях соответствует климатическим, энергетическим, экологическим и социально-экономическим требованиям при проектировании гидроагроландшафтных систем.

Таким образом, по данным метеорологических станций, расположенных на территории Кызылординской области по районам, определены климатические показатели, которые приведены в таблице 2.

Таким образом, на основе показателей климатической характеристики ландшафтных систем Кызылординской области по административным районам, определены их средние значения, то есть дефицит испаряемости растительного и почвенного покровов ландшафтных систем ($\Delta Е_{oi}$) составляет 13728,9 м^3/га, экологическая норма водопотребности ($О_{рэi}$), обеспечивающая устойчивое развитие растительного и почвенного покровов ландшафтных систем равна 6129,0 м^3/га и оросительная норма ($О_{ppi}$), рекомендованная для сельскохозяйственных угодий Кызылординской области научно-исследовательским центром международной координационной водохозяйственной комиссии (МКВК) международного фонда спасения Арала принята 13600,0 м^3/га, которые использованы для определения показателей соответствия энергетических ресурсов природной системы ($К_{эт}$),

экологическим требованиям ландшафтных систем ($К_{эр}$) социально-экономическим потребностям населения ($К_{сэс}$) во временно-пространственном мастабе (таблица 3).

Таблица 2 – Климатическая характеристика ландшафтных систем Кызылординской области по административным районам

Районы	Метео-станции	Климатическая и энергетическая характеристики природной системы				
		$О_{ci}$, мм	$Е_{oi}$, м^3/га	R_i, кДж/см^2	$\Delta Е_{oi}$, м^3/га	$О_{рэi}$, м^3/га
Аралский	Арал	133,0	11423,0	192,5	11290,0	6370,0
Жалагашский	Казалы	178,0	12694,0	192,1	12516,0	5904,0
Казалинский	Жусалы	165,0	13249,0	192,4	13084,0	6046,0
Кармакшинский	Кызылорда	151,0	14149,0	192,5	13998,0	6190,0
Сырдарьинский	Кызылорда	151,0	14149,0	192,5	13998,0	6190,0
Шиелийский	Шиели	174,0	15618,0	195,4	15444,0	6076,0
Жанакорганский	Аккум	204,0	15800,0	203,3	15596,7	6127,0
Кызылординская область		140,0	13868,9	194,4	13728,9	6129,0

Таблица 3 – Климатический-энергетический, экологический и экономический показатели, использованные для оценки рационального использования водных ресурсов на орошаемых землях Кызылординский области по административным районам

Районы	Показа-тели	Годы				
		2000	2005	2010	2015	2018
Аралский	$О_{pi}$, м^3/га	20489	24065	14087	3170	2680
	$К_{эр}$	1,815	2,132	1,248	0,281	0.237
	$К_{эт}$	3,216	3,778	2,211	0,498	0.420
	$К_{сэс}$	1,507	1,769	1,036	0,233	0.197
Жалагашский	$О_{pi}$, м^3/га	22957	25753	23896	31544	27974
	$К_{эр}$	1,640	1,839	1,707	2,253	2.235
	$К_{эт}$	3,709	4,160	3,860	5,096	4.738
	$К_{сэс}$	1,688	1,894	1,757	2,319	2.057
Казалинский	$О_{pi}$, м^3/га	24696	18561	13740	22877	18825
	$К_{эр}$	1,973	1,483	1,098	1,828	1.439
	$К_{эт}$	4,183	3,144	2,327	3,875	3.114
	$К_{сэс}$	1,816	1,365	1,010	1,682	1.384

Районы	Показа-тели	Годы				
		2000	2005	2010	2015	2018
Кармакшинский	O_{pi}, м^3/га	23059	22162	26139	25021	23115
	$K_{эр}$	1,762	1,694	1,998	1,912	1.651
	$K_{эт}$	3,814	3,666	4,323	4,138	3.734
	$K_{сэс}$	1,696	1,629	1,922	1,839	1.700
Сырдарьинский	O_{pi}, м^3/га	23815	32967	22610	30533	19345
	$K_{эр}$	1,701	2,355	1,615	2,181	1.382
	$K_{эт}$	3,847	5,326	3,652	4,932	3.125
	$K_{сэс}$	1,751	2,424	1,663	2,245	1.422
Шиелийский	O_{pi}, м^3/га	15635	13788	17857	17959	22683
	$K_{эр}$	1,012	0,893	0,156	1,163	1.468
	$K_{эт}$	2,573	2,269	2,939	2,956	3.733
	$K_{сэс}$	1,150	1,014	1,313	1,321	1.668
Жанакорганский	O_{pi}, м^3/га	17330	14784	25055	15184	35803
	$K_{эр}$	1,111	0,948	1,606	0,973	2.296
	$K_{эт}$	2,828	2,413	4,089	2,478	5.843
	$K_{сэс}$	1,274	1,087	1,842	1,116	2.633
Кызылординская область	O_{pi}, м^3/га	21111	21272	23382	23545	22289
	$K_{эр}$	1,538	1,549	1,703	1,715	1.624
	$K_{эт}$	3,444	3,471	3,815	3,842	3.637
	$K_{сэс}$	1,552	1,564	1,719	1,731	1.689

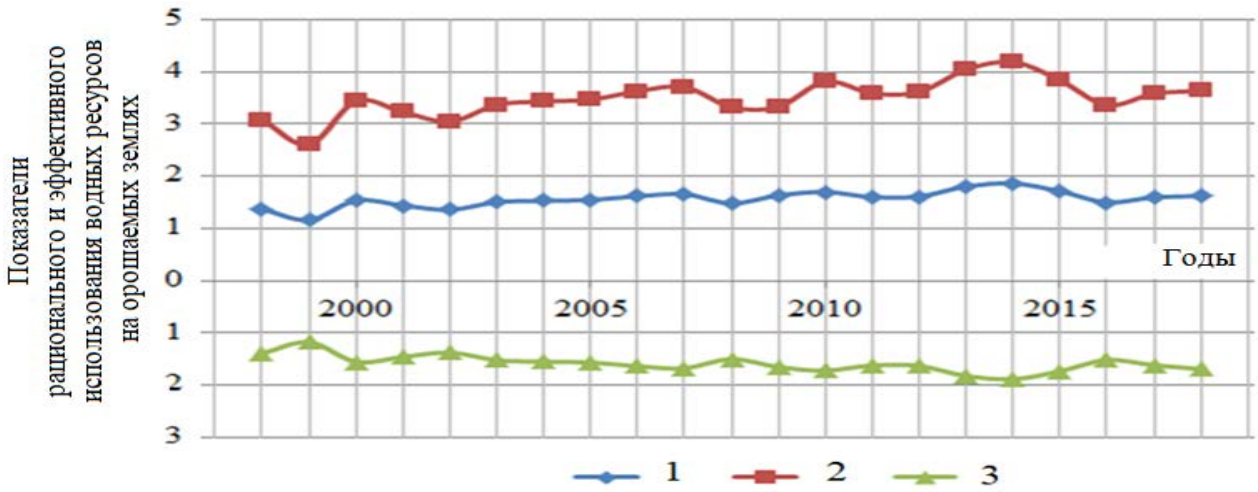


Рисунок 1 – Климато-энергетические (1), экологические (2) и социально-экономические (3) показатели, характеризующие эффективное и рациональное использования водных ресурсов на орошаемых землях Кызылординской области

Список используемых источников

1. Мустафаев Ж.С., Пулатов К., Козыкеева А.Т., Мустафаева Л.Ж. Экологическая оценка природных систем в зонах бассейна Аральского моря (Аналитический обзор). – Тараз, 1997. – 80 с.

2. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Бассейн Аральского моря: прошлое, настоящее и будущее. – Тараз, 2012. – 318 с.

3. Бурлибаев М.Ж., Достай Ж.Д., Турсынов А.А. Арало-Сырдарьинский бассейн: гидроэкологические проблемы, вопросы вододеления. – Алматы, 2001. – 180 с.

4. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Жусупова Л.К., Мурат М.М. Формирование агроландшафтных систем в низовьях реки Сырдарьи (Кызылординской области) в современных условиях антропогенной деятельности // Доклады II Международной научно-практической конференции / Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства. – Тараз, 2016. – С. 198-203.

5. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Жусупова Л.К., Мурат М.М. Формирование и функционирование агроландшафтных систем в низовьях реки Сырдарьи (Кызылординской области) в современных условиях антропогеннолй деятельности // Исследования, результаты. – 2016. – №03(071). – С.174-182.

6. Иванов Н.Н. Зоны увлажнения земного шара // Изв. АН СССР. Серия география и геофизика. – 1941. – №3. – С. 15-32.

7. Мустафаев Ж.С.,Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане. – Тараз: BIGNEOService, 2012. – 528 с.

8. Сенчуков Г.А., Гнинеко В.И., Турулев В.В. Экологически приемлемые нормы водопотребностисельскохозяйственныхугодийна Северном Кавказе // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – №6. – С. 31-32.

9. Парфенова Н.И., Решеткина Н.М. Экологические принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1995. – 360 с.

10. Рузиев М.Т., Приходько В.Г. Оценка перспектив устойчивого развития государств бассейна Аральского моря с помощью модельных расчетов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – №1. –С.54-57.

УДК: 628.1; 631.67

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КАЗАХСТАНА, С УЧЕТОМ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РЕГИОНОВ

У.С. Парманов[1], А.Т. Тлеукулов[1], К. Алмаскызы[1], К. Ахат[2], Ж. Жумабек[2]
[1]НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан
[2]РОО «Национальная инженерная академия РК», г. Алматы, Казахстан

Анализ сельскохозяйственного производства южного, юго-восточного региона Казахстана показывает, что на большей части земель ведется рискованное земледелие. Поэтому в сельской экономике республики с ее засушливым климатом огромную роль играет орошаемое земледелие. Орошение в аридной зоне Казахстана является единственным приемом, позволяющим широко регулировать водно-воздушный и тепловой режим в системе почва-растение приземный слой воздуха.

Агроклиматические, почвенные, земельные и водные ресурсы южного региона страны позволяют успешно возделывать и получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Вместе с тем существующая техника и технологии

полива, используемые при традиционной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, не позволяют полнее использовать потенциальные возможности орошаемого земледелия.

В условиях крайней ограниченности водных ресурсов и платного водопользования, важнейшим условием для повышения эффективности производства сельскохозяйственных культур на орошаемых землях юга страны является широкомасштабное внедрение водосберегающей техники и технологии полива Это дает возможность получать на орошаемых землях стабильную, конкурентоспособную продукцию сельскохозяйственных культур.

Почвенно-земельные и агроклиматические условия вышеуказанных регионов вполне позволяют повышать эффективность орошаемых земель. Для решения поставленной задачи теоретическое обеспечение совершенствования способов и технологии полива и их реализация в орошаемом земледелии приобретают важное значение, что и является одной из актуальных проблем в мелиорации сельскохозяйственных земель Республики Казахстан.

В Казахстане остро стоит проблема водообеспечения, которая обусловлена ограниченностью имеющихся водных ресурсов, неравномерностью распределения их по территории, значительной изменчивостью во времени, высокой степенью загрязнения. Вследствие невыгодного географического положения в низовьях рек трансграничных бассейнов Республика Казахстан в значительной степени зависит от водохозяйственной деятельности сопредельных стран: Китая, Узбекистана, Кыргызстана и России. По данным института географии, наиболее зависимы от трансграничного стока Арало-Сырдариинская (89%), Жайык-Каспийская (79%), Шу-Таласская (76%) природно-хозяйственные системы.

По информациям Комитета по водным ресурсам МСХ РК, около 45% водных ресурсов Казахстана формируются за пределами страны, 55% внутри, из них около 40% уходит на переток в сопредельные территории, примерно 15% теряется на фильтрацию и испарение, а остальное 45% остаются для использования в отраслях экономики. Это в определенной степени оказывает влияние на устойчивость развития агропромышленного комплекса и продовольственную безопасность страны.

Почвенно-климатические условия Казахстана позволяют производить большие объемы разнообразных видов сельскохозяйственных культур. Однако не только ограниченность водных ресурсов, но и глобальное повышение температуры и, соответственно, изменение климата в сторону засушливости, является большим препятствием для устойчивого развития орошаемого земледелия и повышения его рентабельности. Например, результаты анализа среднегодовых температур, по данным «Гидрометцентра» в низовье реки Шу, показывают, что за 80 лет (1938-2017 гг.) температура воздуха повысилась на 1,5-2,2^{0}С, соответственно, увеличился объем потерь воды на испарение и нормы полива сельскохозяйственных культур (рис. 1). В этом аспекте, для снижения нагрузки на речной сток и водопотребление, важное значение имеет внедрение инновационных водосберегающих технологий и техники поливов.

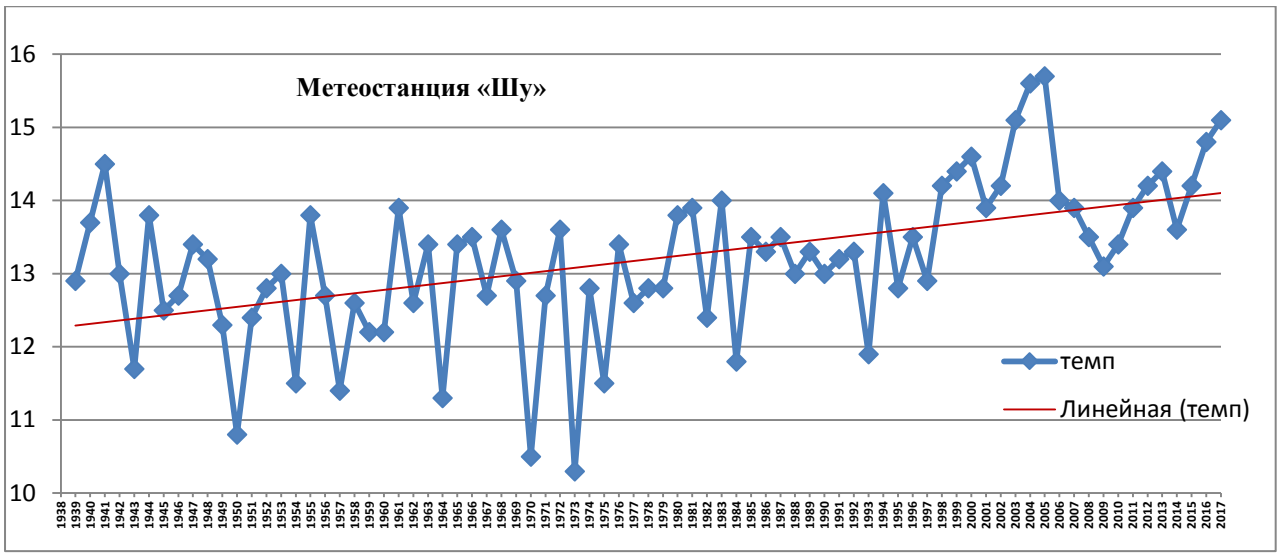


Рисунок 1 - Изменения среднегодовых температур воздуха в бассейне реки Шу (*по данным Гидрометцентра*)

Дефицит водных ресурсов в Казахстане рассматривается как глобальная угроза [1]. В то же время перед Правительством республики стоит цель обеспечить стабильным водоснабжением население (к 2021 году) и сельское хозяйство (к 2040 году), и к 2050 году решить все проблемы с водными ресурсами. Для реализации поставленных задач была принята Государственная программа развития АПК на 2017-2021 гг., где четко указано увеличение площади орошаемых земель, на которых используются водосберегающие технологии, от 60 тыс. га сегодня до 258 тыс. га к 2021 году [2].

Эта ситуация является основной предпосылкой к разработке мероприятий, направленных на повышение водообеспеченности орошаемых земель путем снижения объема потери при транспортировке поверхностных водных ресурсов и внедрения инновационных способов и технологий орошения.

Опыт эксплуатации оросительных систем Казахстана показывает, что существующие приемы мелиорации приводят к нарушению природного равновесия в агроэкосистемах, усиливают процессы разрушения почв, выноса из них органических веществ и питательных элементов, ускоряют динамику засоления, ощелачивания и осолонцевания земель. По этой причине в корнеобитаемом слое почв происходит снижение содержания гумуса и кальция, нарушение их структуры, переуплотнение пахотного и подпахотного горизонтов, накопление токсичных солей. Ухудшение водно-физических и химических свойств почвы повышает размеры непроизводительных потерь оросительной воды, нарушаются воздушный и пищевой режимы корнеобитаемого слоя. В настоящее время около 50% орошаемых земель подверглось засолению, 30% – осолонцеванию, ощелачиванию, потерям питательных веществ. Следовательно, одним из путей достижения поставленной цели является комплексная мелиорация орошаемых земель, путем внедрения водо- и ресурсосберегающих технологий полива.

В настоящее время имеются технологии поверхностного способа орошения сельскохозяйственных культур, рассоления, рассолонцевания и расщелачивания

деградированных почв, регулирования уровня залегания грунтовых вод и их использования на орошение и субирригацию, повышения запасов органических веществ и питательных элементов. Однако эти мероприятия на орошаемых землях проводятся порознь. Это снижает их эффективность, так как протекание того или иного эколого-мелиоративного процесса приводит к изменению сложившейся почвенно-экологической ситуации в корнеобитаемом слое. Из-за выхода из строя скважин вертикального дренажа и ухудшения технического состояния коллекторно-дренажной сети, большие потери в оросителях и при проведении поливов привели к интенсивному подъему уровня залегания грунтовых вод. Поэтому при низкой минерализации их использование на субирригацию позволяет снизить оросительные нормы.

В условиях юга и юго-востока республики, где водные ресурсы ограничены, а в корнеобитаемом слое интенсивно протекают деградационные процессы – засоления, осолонцевания и ощелачивание почв, снижение запасов органических веществ и питательных элементов, управление водно-земельными ресурсами на орошаемых землях достигается совместным использованием водной, химической, биологической и физической мелиораций. В результате происходит улучшение водно-физических и химических свойства почв, повышается водообеспеченность оросительных систем и продуктивность сельскохозяйственных культур.

Анализ развития техники и технологии полива во всех странах мира за последние годы свидетельствуют об интенсивной разработке совершенных оросительных систем нового типа, основанных на непрерывном снабжении растений водой на протяжении вегетационного периода в соответсвии с фазой роста и развития растений и их водопотреблением. В этом плане особое внимание заслуживает капельное орошение.

В настоящее время капельное орошение применяется во многих странах мира на площади более 1,2 млн. га. О преимуществах использования капельного орошения в Казахстане известно не так давно. Если на Украине и в России капельное орошение начали использовать более 40 лет назад, то в Казахстане капельное орошение начали внедрять с 2000 года. Но в овощеводстве открытой почвы, в связи с высокой себестоимостью системы, промышленное использование капельного орошения началось только в 2006 году в Южно-Казахстанской области на поливе томатов. Положительные результаты на всех сельскохозяйственных культурах и на всех типах почв способствовали динамичному развитию этого способа орошения в Казахстане. Успех в применении капельного орошения радикально изменил современный подход к комплексу «вода – почва – растение», на фоне дозированного режима питания, и способствовал новому подходу в области орошения вообще.

Одним из экономичных и экологичных водосберегающих способов полива, внедряемых в Казахстане, является подпочвенный. Подпочвенное орошение является для нашей республики совершенно новым, практически не изученным направлением. В этой связи, впервые Казахским научно-исследовательским институтом картофелеводства и овощеводства проведены исследования по оценке

эффективности технологии подпочвенного орошения овощных культур и картофеля. Применение технологии подпочвенного орошения позволит значительно снизить затраты фермеров на оросительную воду до 75%, предотвратить ирригационную эрозию и ухудшение водно-физических свойств почвы, повысить урожайность культур на 25-30%, улучшить качество продукции. Широкое внедрение подпочвенного орошения на больших участках было в 2015 году в Алматинской области на 500 гектарах земель ТОО «Байсерке-Агро» (рис.2).

Рисунок 2 – Система подпочвенного орошения ТОО «Байсерке-Агро»

Для полива пробурено 24 специальных артезианских скважин. Одна скважина при дебите 15-18 литров воды в секунду может обеспечивать до 30-35 гектаров площади. Шланги, проложенные под землей, на глубину 40 см, рассчитаны на непрерывную эксплуатацию в течение нескольких лет, их не требуется на зиму выкапывать из почвы, что исключает повреждения. Оборудование на скважинах– итальянское, при этом один оператор может обслуживать до 300 гектаров полей.

В результате полностью уничтожены сорняки, рост кукурузы достигали более 2,5 метров, соответственно, повысилась урожайность до 120-140 центнеров с гектара. Сегодня в хозяйстве подпочвенным орошением поливают кукурузу, сою и люцерну. В перспективе здесь планируют наладить систему управления поливом дистанционно – это позволит орошать до 4-5 тысяч гектаров земель.

Рис является главной потребляемой крупой в Казахстане. По статистике, один житель страны потребляет в год, в среднем, около 10 кг риса. Рис по биологической особенности является влаголюбивой культурой, где норма воды на один гектар посева в Казахстане составляет до 25 тысяч кубометров, что при дефиците водных ресурсов очень затратно. Поэтому для экономии воды ученые Казахстана с 2016 года начали внедрять водосберегающие технологии риса. Одним из них является подпочвенно-подпленочный полив риса, разработанный учеными ТОО «Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова». Для полива риса установлена автономная система капельного орошения и для обеспечения электричеством, установлены солнечные батареи (рис. 3).

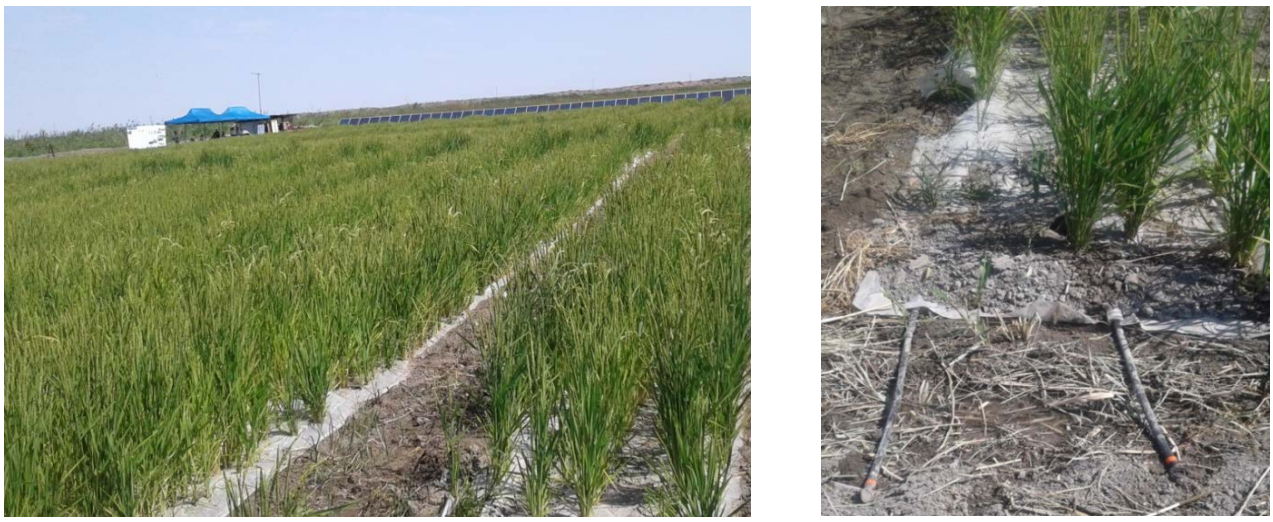


Рисунок 3 - Опытный участок подпочвенно-подпленочного полива риса (Алматинская область, Балкашский район)

По данным ТОО «КазНИИ ПиА им. У.У. Успанова» урожайность риса не ниже традиционной. Однако здесь основные преимущества это: более 50-ти процентная экономия драгоценной воды, качество поливной воды, экономия в объеме внесения питательных веществ и снижение экологического риска для окружающей среды. Затраты на оборудования капельной системы орошения можно полностью окупить за 2-3 года.

При любом способе наиболее существенным показателем является урожайность, суммарное водопотребление и продуктивность оросительной воды растений, которое в значительной степени зависит от способа полива. Эти показатели определяют, что разумное использование водосберегающих способов орошения обеспечивает рентабельность производства.

Список используемых источников

1. Послание Президента Республики Казахстан народу Казахстана. Новые возможности развития в условиях четвертой промышленной революции. // Стратегия развития «Казахстан-2050», Акорда, г. Астана, 10 января 2018 г.

2. Государственная программа развития агропромышленного комплекса АПК на 2017-2021 гг., Акорда, г. Астана, 14 февраля 2017 г.

УДК 631.95 :631.42

ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОМЫВНЫХ НОРМ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ

А.С. Сейтказиев

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

В настоящее время определено широкое распространение засоленных почв, изучены состав солей в зависимости от фактов почвообразования, от геохимических и гидрогеологических условий, от технологии режимов

орошения. Разработаны ресурсосберегающие направления мелиорации засоленных почв: промывки, дренаж, глубокие рыхление, сорбенты, применение химической мелиорации и фитомелиорации. Необходимо разработать наиболее экономичные технологии управления движением воды и солей в орошаемых почвах в мелиоративных и эксплуатационных режимах. Решение этой задачи требует применения физико-математических моделей, которые дают возможность для оценки содержания солей в почвах и количественного описания законов их движения и распределения в корнеобитаемом слое почвогрунтов.

Для восстановления свойств почв требуется адаптивный комплекс мелиоративных мероприятий, то есть комплекс, приспособленный к природным условиям и обеспечивающий функциональную устойчивость почвенного покрова. Этот комплекс направлен на формирование оптимального мелиоративного режима. В настоящее время разработаны основные пределы регулирования составляющих мелиоративного режима и мероприятия, обеспечивающие создание на мелиорируемых землях оптимального мелиоративного режима, а в пределах агроландшафта - благоприятной экологической ситуации.

Загрязнение почв при засолении происходит в основном вследствие антропогенной деятельности человека, при неправильном ведении работ по улучшению земель, агротехнических экологических мероприятий. Это происходит в результате игнорирования законов, регулирующих природное равновесие и эволюцию почв, а также гидрогеологических, гидрохимических и геохимических изменений при проведеннии эколого-мелиоративных работ.

На основе изученных данных по почвенно-экологическим условиям для сероземно-луговых и темно-каштановых карбонатных почв, а также недостаточной влагообеспеченности при наличии высоких тепловых ресурсов, что требует регулирования водного режима корнеобитаемого слоя в исследуемые годы по распределению атмосферных осадков, подаче поверхностных и сбрасывающих источников по параметрам экосистемы.

Основными методами регулирования гидрохимического режима являются воздействия на уровень грунтовых вод различными мероприятиями (орошение, промывка, рыхление почв на фоне дренажа). На формирование водно – солевого, теплового и пищевого режимов в расчетном слое почвогрунта непосредственно влияют водно-физические и физико-химические процессы. Это обусловлено тем, что в результате орошения и промывки с применением дренажа резко изменяются условия формирования приходных и расходных элементов водно-солевого баланса, запасов солей, скорости инфильтрации, изменения передвижения влаги, испарения, оттока грунтовых вод и другие. Применение комплекса эколого-мелиоративных мероприятий позволило вытеснить выщелачиваемые токсичные соли из расчетного соля.

При изучении механизма переноса солей, правильного регулирования водно-солевого и пищевого режимов необходимо определить следующие значения: растворение солей, выщелачивание пород, испарение почв и грунтовых вод, конвективную диффузию, перенос солей с фильтрационным

потоком, ионно-солевое равновесие в системе «раствор – твердая фаза», вытеснение поровых растворов и т.д.

Основными параметрами систематического горизонтального дренажа являются расстояния между дренами, уровень грунтовых вод (УГВ) после осушения, напор между дренами, приток грунтовых вод к дрене и коллектору. Приток и сток вод к дрене с двух сторон определяются по формуле [1-3].

$$Q_0 = 4kh^2 l / R, \quad (1)$$

где: Q_0 – сток воды к дрене, м^3; k – коэффициент фильтрации, м/сут; h – напор грунтовых вод между дренами, м; l – длина дрены, м; t – продолжительность промывки, сут; R – расстояние между дренами, м.

Приток воды к дрене с гектара за единицу времени определяется по следующему выражению;

$$q_0 = \frac{Q_0}{t}, \quad (2)$$

где: q_0 – модуль дренажного стока при данном напоре грунтовых вод, м^3/га.

Тогда при известной величине фактической скорости движения воды $V_ф$ почвогрунта, дренажного стока и на основе системного анализа водно-физических и химических свойств исследуемого участка и экологических коэффициентов, характеризующих уровень опасности в расчетном слое почвогрунта, можно определить нетто промывных норм засоленных почв по следующей формуле [1, 3, 6-8]:

$$N_{nm} = \frac{Q_0 V_ф}{q_0} .Э_к, \quad (3)$$

где: N_{nm} – подача воды (нетто), м^3/га; $V_ф$ – скорость фильтрации в насыщенных слоях, м/сут. $Э_к$ - экологический коэффициент.

Установление способности почв удерживать доступную растениям воду зависит от определенных ее свойств. Любое дополнительное количество воды в виде осадков или орошение, подъема уровня грунтовых вод (УГВ) превышающее эту величину, является избыточным и может нарушить гидрологический баланс почв. В зависимости от водопроницаемости почв, рельфа,литологии и гидрографии избыток воды может инфильтроваться в грунтовые воды, перейти в заболачивание местности, что отразится на природном ландшафте, окружающей среде, на эколого-экономической деятельности ,а также на плодородии почв, то есть является как фактор загрязнения. Анализ полученных расчетов, приведенных в табличной форме, показывает количественую оценку экологической ситуации исследуемых объектов [4-6].

Экологическая оценка исследования участка по степени засоленности почвогрунтов по различным технологиям полива, показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Экологическая оценка исследования участка по степени засоленности [5-8]

Показатели	Технология полива опытного участка						
	По бороздам		По полосам		По рыхлению		Расчетные формулы
	средне-засоленные	сильно засоленные	средне-засоленные	сильно засоленные	средне-засоленные	сильно засоленные	
Площадь, $\omega_{нт}$, га	50	60	50	60	50	60	По учету
Плотность почвы, γ, т/м^3	1.45	1.47	1.43	1.44	1.42	1.41	По анализу
Плотность твердый фазы почвы, γ, т/м^3	2.68	2.70	2.69	2.72	2.67	2.66	По анализу
Порозность, в долях,П.	0.46	0.46	0.47	0.47	0.47	0.47	П=(1- γ/ d).100%, (4)
Начальная минерализация, C_0, г/л	5	10	4	8	6	12	По анализу
Продолжительность промывки, t, сут	36	69	52	69	43	69	t= $N_{нт}$. $\omega_{нт}$ /86400.η.Q, (5)
Исходное засоление, S_0, %	0.40	1.45	0.35	1.62	0.43	1.75	По хим . анализу
Общий запасов солей, $S_{об}$, т/га	58	213	50	233	61	247	$S_{об}$=100. h. γ . S_0, (6)
Вытесненные соли, $S_в$, т/га	38	133	32	163	39	185	$S_в$= $S_{об}$.(0.5-0.8), (7)
Остаток солей, $S_{ос}$, т/га.	20	60	18	70	22	62	$S_{ос}$= $S_{об}$- $S_в$, (8)
Уровень грунтовых вод (УГВ), $h_{угв}$, м	3	3	3	3	3	3	По замеру
Обьем воды до УГВ, $W_{угв}$, м^3/га	13800	13800	14100	14100	14100	14100	$W_{угв}$=10^4.П .$h_{угв}$, (9)
Сток воды к дрене, Q_0, м^3	1.296	5	3.3	3.11	1.14	1.1	Q_0=4.К.h^2.L.t/R, (10)
Приток воды к дрене, q_0, м^3/сут	0.043	0.072	0.077	0.045	0.026	0.016	q_0= Q_0/ t, (8)
Промывная норма, нетто, $N_{нт}$, м^3/га	5779	6944	6857	6911	7454	6875	$N_{нт}$= Q_0.ϑ/ q_0 , (11)

Показатели	Технология полива опытного участка						
	По бороздам		По полосам		По рыхлению		Расчетные формулы
	средне-засоленные	сильно засоленные	средне-засоленные	сильно засоленные	средне-засоленные	сильно засоленные	
Промывная норма брутто, $N_{бр}$, $м^3$/га	6600	8000	7900	8000	8600	8000	$N_{бр} = N_{нт}.(1.15\text{-}1.20)$, (12)
Запасов солей в ГВ , $S_{угв}$,кг/га	69000	138000	56400	112800	84600	169200	$S_{угв}= W_{угв}. C_0$, (13)
Допустимая минерализация в почвенном растворе $C_д$, г/л	4.36	9.1	3.38	8.27	4.7	10.5	$C_д=S_{угв}+S_{ос}/ W_{угв} +N_{бр}$, (14)
Приток воды из каналов Q, $м^3$/ с	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	По замеру
Доля объема транзитных вод, сбрасываемых в реку в процессе промывки $V_т$	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	$V_т= N_{нт}*\omega_{нт}/86400* Q.t$, (15)
Осадки промывного периода P, $м^3$/га	120	350	280	350	280	350	Метеостанция
Наименьшая влагоемкость почвы, $\beta_{нв}$,%	22	22	23	23	24	24	По анализу
Насыщение влагой в растворенном слое, $W_н$, $м^3$/га	3190	3234	3289	3312	3408	3384	$W_н=100. h. \gamma. \beta_{нв,}$ (16)
Скорость фильтрации в насыщенных слоях, ϑ, м/сут	0.019	0.010	0.016	0.010	0.017	0.010	$\vartheta=h.\gamma. \beta_{нв} / 100.n. t$, (17)
Испарение в процессе промывки, E_0, $м^3$/га	1100	1500	1300	1500	1300	1500	$E_0=0.0018(25+ t)^2.(100\text{-}a)$, (18)
Доля объема промывных вод поступающих из КДС:	0.24	0.32	0.32	0.27	0.35	0.29	$q_к=(N_{нт}+ P - W_н- E_0) / N_{бр}$, (19)
Химизм засоления: хлоридно-сульфатное(х-с)	х-с	х-с	х-с	х-с	х-с	х-с	

Показатели	Технология полива опытного участка						
	По бороздам		По полосам		По рыхлению		Расчетные формулы
	средне-засоленные	сильно-засоленные	средне-засоленные	сильно-засоленные	средне-засоленные	сильно-засоленные	
Экологический коэффициент	0.58	0.91	0.60	0.84	0.74	0.92	$Э_к$= 1-exp (-$C_д$. $V_т$.q_k), (20)
Уровень экологической опасности	Умеренно опасно	Очень опасно	Опасно	Очень опасно	Очень опасно	Очень опасно	
Анализ полученных расчетов, приведенных в табличном виде (таблица 1) показывает, что количественную оценку экологического состояния исследуемого обьекта, характеризующую уровни опасности грунта, подверженного ухудшению, можно определить по формуле (20).							

Следовательно, можно определить следующие нормы промывки исследуемого участка с учетом экологического коэффициента грунта ($Э_К$=0.58-0.92) по таблице 2.

Таблица 2 – Промывные нормы

При насыщенных слоях, $W_н$,м^3/га	Скорость фильтрации, ϑ,м/сут	Коэффициент фильтраций ⅴ,м/сут	Длина дрены L, м	Расстояние между дренами, R, м	Сроки промывки сут, t	Сток воды к дрене, Q_0, м^3	Модуль дренажного стока q_0, м^3/сут	Подачи воды, $N_{нт}$, м^3/га	Промывные нормы, $N_{нт}$.Эк, м^3/га
3190	0.019	0.20	400	200	36	1.3	0.043	5779	3352
3234	0.010	0.25	400	200	69	5	0.072	6944	6319
3289	0.016	0.24	400	200	43	3.3	0.077	6857	4114
3312	0.010	0.22	400	200	69	3.11	0.045	6911	5805
3408	0.017	0.23	400	200	43	1.14	0.026	7454	5516
3384	0.010	0.20	400	200	69	1.1	0.016	6875	6325

На основе данных по почвенно-экологическим условиям сероземно-луговых засоленных почв, для эффективного использования водных ресурсов в орошаемых зонах разработаны методы улучшения эколого-мелиоративных мероприятий на фоне глубокого рыхления, а также установлены оптимальные нормы промывки исследуемого участка. Определены экологические коэффициенты, характеризующие уровень опасности в расчетном слое почвогрунта. Эффективность промывок засоленных почв находится в прямой зависимости от подготовки почвы и особенно от глубины и способа вспашки. Промывные нормы засоленных почв являются одним из основных почвенно-экологических и агротехнических мероприятий, обеспечивающих повышение урожайности

сельскохозяйственных культур. Поэтому, оптимальное установление нормы, тактности промывных поливов и способов подготовки почвы к проведению промывных поливов на засоленных землях, имеет большое практическое значение в повышении уражайности сельскохозяйственных культур и улучшении экологического состояния орошаемых земель.

Список используемых источников

1. Сейтказиев А.С. Определение промывных нормы // Науки и образование Южного-Казахстана. – 2000. – №21. – С.20-22.

2. Сейтказиев А.С., Байзакова А.Е. Режим грунтовых вод, приуроченных к бассейнам рек // Вопросы мелиорации. – 2003. – № 5-6. – С.93-98.

3. Хачатурьян В.Х., Айдаров И.П. Концепция улучшения экологической и мелиоративной ситуации в бассейне Аральского моря // Мелиорация и водное хозяйство. – 1991. – №1. – С.2-9.

4. Сейтказиев А.С. Комплекс мелиоративных мероприятий и моделирование переноса солей на засоленных почвах // Материалы Международн.научно-практ.конф.(Костяковские чтения). – М.: ВНИИГиМ. – 2013. – С.82-86.

5. Сейтказиев А.С., Салыбаев С.Ж., Музбаева К.М., Байзакова А.Е. Экологическая оценка продуктивности улучшения засоленных земель в пустынных зонах Республики Казахстан. − Тараз, 2011. – 274 с.

6. Сейтказиев А.С., Шилибек К.Қ., Сейтказиева К. А. Установленные промывные нормы засоленных почв // Материалы 4 интернацион.конф. «Quality Management Search and Solutions» ноябрь 27-29, 2018, Casablanca, Morocco, С.427-431.

7. Сейтказиев А.С., Жапарова С.Б. Эффективные методы улучшения засоленных почв. Алматы: Изд.ЖК «Salem». – 2019. – 208 с.

8. Seitkaziyev Adeubai, Asanov Amankait, Shilibek Kenzhegali, Khozhanov Nietbai. Saline Land Ecological Assessment in Gray-Meadow Soils Environment // World Applied Journal. − 2013. − N 26(9). – P.1234-1238.

УДК 628.31

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД С РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

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

В мире и в России катастрофически снижаются запасы и ухудшается качество природных водных ресурсов, особенно в условиях орошаемого земледелия за счет сброса загрязненных дренажных вод при сельскохозяйственном водопользовании. Значительный вред наносят неконтролируемые источники сброса, так как не предусмотрены технические и технологические узлы на оросительных системах для очистки и обессоливания [1]. Дренажные воды загрязняют водные объекты и окружающую среду, однако их можно рассматривать как альтернативные водные ресурсы для сельского хозяйства. Наибольшим дефицитом характеризуется республика Калмыкия. На данный момент в республике наблюдается острый дефицит водных ресурсов, в связи с тем, что существующие орошаемые площади используются частично. Решением проблемы может стать технология

повторного использования дренажно-сбросной воды с Сарпинской обводнительно-оросительной системы. Для последующего использования этой воды на орошение необходима ее подготовка и очистка.

Сарпинская низменность относится к Прикаспийской провинции – район Северный плоскоравнинный полупустынный суглинистый светло-каштановый, солонцевато-полупустынный и рыхлопесчано-полупустынный. Характеризуется низкой влагообеспеченностью (годовая сумма осадков 243…278 мм), высокой испаряемостью (1100…1180 мм/год) и суммой активных температур ($\Sigma t > 10^0C$ = 3300…3500 ^0C), низким коэффициентом увлажнения (Ку = 0,22…0,28) и гидротермическим коэффициентом (ГТК по Селянинову 0,40…0,50), пониженной биологической продуктивностью (БК 74). Площадь сельскохозяйственных угодий составляет 1,73 млн. га (28% от общей площади по республике), исторически сложившаяся специализация сельскохозяйственного производства – животноводство (овцеводство и мясное скотоводство) и земледелие (производство кормовых и зерновых: риса, озимой пшеницы и ярового ячменя). Пашня составляет в среднем по зоне 22% от площади сельхозугодий. Площадь пахотных орошаемых земель 17,6 тыс. га или 4,8% от общей площади пашни и 1,1% от площади сельхозугодий. Используются они для развития рисоводства и кормопроизводства. На территории полупустынной зоны расположена Сарпинская обводнительно-оросительная рисовая система (СООС) и небольшая часть Калмыцко-Астраханской рисовой системы (КАРОС). Общая площадь орошения 50,9 тыс. га, из них регулярного - 14,9 (СООС) и 8,5 тыс. га (КАРОС), остальная– лиманы.

Почвенный покров орошаемых земель представлен светло-каштановыми и бурыми полупустынными почвами в комплексе с солонцами. Гидрогеологический режим в лимане Большой Царын существенно отличается от степной части по всем показателям. УГВ в лимане более равномерный и они в среднем залегают на 4 м ближе к поверхности, чем в степной части. По минерализации грунтовая вода в лимане соответствует сильносоленой и даже в ряде скважин близка к рассолам (>50 г/л). В степной же части минерализация грунтовой воды практически повсеместно ниже 20 г/л. Но и в том, и в другом случае после подъема УГВ до критического уровня развивается интенсивное вторичное засоление орошаемых земель [2].

В лиманной части такая вероятность обусловлена еще и наличием близкого водоупора из шоколадных хвалынских глин, над которым образуется высокоминерализованная верховодка уже в первые годы возделывания риса. Кроме того, если в степной части существует локальная отточность грунтовых вод, то в лимане она отсутствует совсем. Таким образом, как в степной, так и в лиманной части Сарпинской низменности, существует реальная опасность негативного изменения режима грунтовых вод при развитии орошения, ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель и экологической обстановки в зонах деятельности этих систем.

Одним из способов улучшения экологической обстановки является создание биосорбционного сооружения (БСС), принцип действия которого заключается в мобилизации природных возможностей самоочищения экосистем водных

объектов, что позволяет в дальнейшем повторно использовать дренажно-сбросные воды на орошение.

БСС - это природоподобные быстропроектируемые и быстровозводимые сооружения, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными очистными сооружениями, они строятся из бетона и металла, с применением насосов, электричества и т.п., не деформируют природный ландшафт, а «вписываются» в него, эстетически являясь более привлекательными, чем традиционные сооружения.

Такие очистные сооружения надежны в работе и практически безаварийны. Их обслуживание возможно с применением обычной строительной техники и не требует специально обученного персонала [3]. Прототипом БСС являются габионные очистные фильтрующие сооружения (ГОФСы) (рис. 1). ГОФСы являются открытыми самотечными сооружениями, и для их работы не требуется применения насосного оборудования, электричества, строительства служебных помещений.

Технология сооружения ГОФС

В состав габионного очистного фильтрующего сооружения входят четыре ступени очистки: отстойник, фильтрующая камера с зернистой загрузкой, биоплато, фильтрующая камера с сорбентом.

Рисунок 1 - Конструкция ГОФС

Поверхностный сток самотеком поступает в отстойник, где происходит осаждение взвешенных веществ. Из отстойника осветленная вода фильтруется через камеру, заполненную зернистой загрузкой, проходя дополнительную очистку от загрязняющих веществ. После фильтрующей камеры сток попадает на биоплато. С целью повышения эффективности работы биоплато возможно их заселение гидробионтами, включая биопрепараты, разлагающие углеводороды нефти. Наличие в составе открытых самотечных ГОФС биоплато создает предпосылки поддержки и реализации собственных реабилитационных ресурсов созданной экосистемы. Благодаря совместному действию сообщества растений и микроорганизмов, населяющих биоплато, происходит очистка стока не только от органических веществ и нефтепродуктов, но и от тяжелых металлов [4]. После биоплато сток попадает в фильтрующую камеру с сорбентом, где происходит окончательная доочистка стока до уровня ПДК рыбохозяйственных водоемов. В результате на выходе обеспечиваются снижение содержания загрязнителей: по нефтепродуктам – до 0,05 мг/л, по взвешенным веществам – до 3-10 мг/л. Отстойник в

составе ГОФС выполняет также функцию аккумулирующей емкости, обеспечивая прием поверхностных сточных вод из ливневой канализации или лотков с любым расходом. При этом производительность очистки сточных вод определяется расходом фильтрации через фильтрующие элементы ГОФС. Этот расход в зависимости от размеров сооружения составляет от 1 л/с до 100 л/с и более. Стоимость ГОФС меньше, чем аналогичных сооружений из железобетона. При этом строительство габионных сооружений возможно с минимальными затратами в условиях, когда другие очистные сооружения потребовали бы значительных капитальных вложений [5].

Для подбора сорбента и изучения солепоглощающей способности растений, растущих в условиях резко континентального климата Сарпинской низменности, в республике Калмыкия были проведены натурные опыты по деминерализации и очистке сбросной воды с рисовой оросительной системы. Была разработана конструкция для проведения натурного эксперимента (рис. 2). Конструкция смонтирована на территории ФГУП «Харада», она состоит из 10 напорных труб для водоснабжения с прорезями, длиной 3 метра, диаметром 110 мм. Был проведен тестовый опыт: в трубы был засыпан сорбент с грунтом и песком и высажена высшая водная растительность, после чего осуществлена первая подача воды в конструкцию. В каждой трубе использовался разный сорбент в сочетании с ВВР в двух повторностях.

Рисунок 2 - Конечный вид установки

Варианты опыта были следующие:

Варианты 1, 2. Песок (3,8 кг), грунт (9,5кг), перлит агротехнический (200 г), вермикулит агротехнический (300 г), песок (1,5 кг), высажена ВВР (рогоз (*Týpha latifólia*) и осока черная, или осока обыкновенная (*Carex nigra*))

Варианты 3, 4. Песок (3,8 кг), грунт (9,5кг), перлит агротехнический (200 г), агроионит (250 г), песок (1,5 кг), высажена ВВР (рогоз (*Týpha latifólia*) и осока черная, или осока обыкновенная (*Carex nigra*))

Вариант 5 (контроль). Грунт (16,6 кг) высажена ВВР (рогоз (*Týpha latifólia*) и осока черная, или осока обыкновенная (*Carex nigra*))

Варианты 6, 7. Песок (3,8 кг), грунт (9,5кг), перлит агротехнический (200 г), вермикулит агротехнический (300 г), песок (1,5 кг).

Варианты 8,9. Песок (3,8 кг), грунт (9,5кг), перлит агротехнический (200 г), агроионит (250 г), песок (1,5 кг),

Вариант 10 (контроль). Грунт (16,6 кг)

Подача воды осуществлялась в течение 5-ти дней 3 раза в сутки в объеме 40 литров на каждый вариант, перед каждой подачей отбирались пробы воды.

Химический анализ фильтрата показал, что в образцах, взятых из труб вариантов 3 и 4, показатель минерализации в 2,5 раза ниже, чем в контрольных вариантах (5,10). Исходя из этих показателей, можно сделать вывод, что для эффективного обессоливания необходимо использовать сорбент агроионит в сочетании с ВВР, растущей в условиях резко континентального климата Сарпинской низменности. «Агроионит» представляет собой натуральный природный минеральный комплекс, состоящий из набора слоистых алюмосиликатов группы глауконитов (такие как: селадонит, иллит, глауконит) и глинистых минералов группы монтмориллонитов. «Агроионит» обладает выраженным катионным обменом, повышенной сорбционной емкостью и действуют по принципу молекулярного сита. «Агроионит» предназначается для использования в качестве химического и структурного мелиоранта, для повышения плодородия малопродуктивных участков почв, восстановления почв при рекультивации нарушенных земель, а также в качестве поглотителя тяжелых металлов и других токсикантов из почв пашни и теплиц. Уникальность этого минерального комплекса заключается в его высоких ионообменных, буферных и сорбционных свойствах. Иначе говоря, «Агроионит» способен поглощать и нейтрализовать токсины, одновременно выделяя нужные микроэлементы, улучшая обмен веществ в почве, в растениях и в воде. «Агроионит» способен сорбировать и выводить из растений, почвы и вод некоторые катионы, являясь при этом дополнительным источником минеральных элементов. «Агроионит» блокирует на себя ионы металлов, тем самым разрывая цепочку загрязнения почвы, культурных растений и грунтовых вод.

Таким образом, на основании проведенного тестового опыта в качестве эффективного сорбента был выбран «Агроионит» для дальнейших исследований.

Список используемых источников

1. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России (научное издание) Редактор Л.В. Кирейчева М.: ВНИИА, 2017. – 295с.

2. Система рисоводства Республики Калмыкии: (метод. пособие) / Б.М.Кизяев, Б.Ю. Петрушкин, Э.Б. Дедова и др. – Элиста, Джангар, 2009. - 167 с.

3. Магмедов В.Г. Биоинженерное сооружение для очистки сточных вод сельскохозяйственного производства / В.Г. Магмедов, Л.И. Яковлева. – Харьков, 1987. – 214 с.

4. http://ecoland21.ru/design/wastewater/ (дата обращения 28.08.2019)

5.Эйнор Л.О. Ботаническая площадка – биоинженерное сооружение для очистки сточных вод / Л.О. Эйнор // Водные ресурсы. – 1990. – № 4. – С. 131-139.

УДК502.656

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕКИ ЕРТИС НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Н.С.Тореханова, А.Е. Алдиярова, Б.А. Зулпыхаров
НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан

В водосборе бассейна реки Ертис 788 рек общей протяженностью 22,9 тысяч километров и из них двадцать восемь рек, в том числе Кара Ертис, являются трансграничными реками, а Улькен Уласты, Алкабек, Бельезектын-Бирайрыкбасы, Аккаба, Бурханбулак, Каракитат обозначают границу, остальные двадцать две – пересекают ее [1; 2].

Гидрографический бассейн реки Ертис охватывает территорию Павлодарской и Восточно-Казахстанской областей, за исключением Аягузского и Урджарского районов. Площадь водосбора бассейна в пределах Казахстана – 350,64 тыс. км^2. Гидрографическая сеть бассейна реки Ертис наиболее развита в Восточно-Казахстанской области, что обусловлено совокупностью природных условий и климатических особенностей данного района.

Центральное место в гидрографической сети Восточно-Казахстанской и Павлодарской областей занимает трансграничная река Ертис, которая является водным объектом особого государственного значения для Республики Казахстан. Река Ертис начинается на ледяных склонах Монгольского Алтая на высоте 2500 метров в западной части Китайской провинции Синцзянь. Протяженность реки Ертис по территории Китайской Народной Республики составляет 618 км, затем она входит в пределы Республики Казахстан судоходной рекой со среднемноголетним расходом около 300 м^3/сек. Общая длина реки Ертис 4280 км, в том числе в пределах Казахстана 1698 км. Площадь водосборного бассейна реки на границе Казахстана с Россией составляет 544000 км^2. Питание реки смешанное, с преобладанием снегового, грунтовое питание играет значительно меньшую роль, а дождевое питание не превышает 15-20% [3; 4].

Сток реки зарегулирован каскадом Ертисских водохранилищ – Бухтарминское (проектный объем 49,6 км^3), Усть-Каменогорское (0,66 км^3) и Шульбинское (2,39 км^3) [5]. Распределение стока по территории носит сложный характер с большими контрастами. Наиболее водоносным является Западный Алтай, где на обширной территории в верховьях рек Малая Ульби, Громотуха, Тургусун модуль стока достигает 50 л/сек. Очень высокий сток в верховьях реки Бухтармы –

60-80 л/сек. Третья область высокого стока приурочена к южному Алтаю - верховью реки Курчум.

Водные ресурсы реки Ертис и ее притоков используются на нужды промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, рыбного хозяйства, сельского хозяйства - регулярное орошение, залив лиманов и сенокосов, сельхозводоснабжение, обводнение пастбищ Китайской Народной Республики, Республики Казахстан и Российской Федерации, что определяет актуальность изучения формирования гидрологического режима с учетом антропогенной деятельности.

Цель исследований – на основе многолетних информационно-аналитических материалов Ертисской бассейновой инспекции по регулированию использования и охране водных ресурсов Комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства изучить формирование гидрологического режима с учетом антропогенной деятельности.

Материалы и методы исследования.

В бассейне Ертис насчитывается 13 рек протяженностью более 200 км, остальные 775 относятся к категории малых рек. Их общая протяженность составляет 17,7 тыс. км [6]. Крупнейшим притоком Ертиса является река Буктырма, которая берет начало в группе ледников Центрального Алтая. Ее длина 405 км, среднемноголетний объем стока – 6,56 км^3, площадь водосбора 15485 км^2, в ее бассейне учтено 124 реки суммарной длиной 2919 км [6].

Второй по водности приток Ертиса – река Оба. Длина реки 286 км, среднемноголетний объем стока - 5,20 км^3, площадь водосбора 9952 км^2. В бассейне реки Оба расположено 92 реки суммарной длиной 1998 км [6].

К средним рекам относится река Куршим, протяженностью 218 км, со среднемноголетним стоком 1,85 км^3, площадью водосбора 5856 км^2. В бассейне реки Куршим - 56 рек общей длиной 1321 км [6].

Река Ульби также является средней рекой. Протяженность ее 98 км, среднемноголетний объем стока - 3,28 км^3, площадь водосбора 509 км^2. В бассейне Ульби протекает 44 реки общей длиной 1014 км, в том числе река Малая Ульби, протяженностью 111 км и расходом 52 м^3/с [6].

У рек Южного Алтая водность меньше. Наиболее крупные реки - Каба, Алкабек, Калжыр, Нарын. Еще меньшой водностью отличаются реки левобережья Иртыша, особенно Зайсанской котловины - Кендерлык, Уйдене, Кандысу, Улкен Бокен, Шар, Кокпекты. Среднемноголетняя водность рек бассейна реки Ертис составляет 33,66 км^3 в год [6].

Для горных районов водосбора бассейна реки Ертис характерным элементом ландшафта являются ледники и вечные снега, которые в значительной мере определяют режим стока горных рек. На территории бассейна ледники присутствуют на наиболее высоких горных хребтах Алтая. В северном и северно-западном Алтае высота снеговой линии достигает 2600-2700 м, в восточном и южном - поднимается до 2900-3200 м. Наибольшие по величине ледники располагаются в верховьях рек Буктырма и Берели – 10 ледников. К крупным ледникам относятся Большой и Малый Берельский и Большой Бухтарминский с объемом льда соответственно 0,72 и 0,62 км^3.

В северном и западном Алтае количество ледников и их мощность уменьшается. В горах Сарым-Сакты, откуда стекают притоки рек Буктырма и Куршима, имеется 7 ледников площадью менее 1 км^2 каждый. В северном Алтае, в бассейнах рек Оба и Ульби площадь отдельных ледников не превышает 0,5 км^2. На хребте Саур ледники имеются только в восточной части, площадь оледенения составляет здесь всего 6 км^2. Общая площадь оледенения в Восточном Казахстане составляет 106 км^2. Здесь в виде льда сосредоточено 4 км^3 пресной воды. Воды, образующиеся от таяния льда на Алтае, питают истоки рек Буктырма, Куршима, Оба, Ульби, в Сауре – реки Улькен-Уласты, Кендерлык [6].

Результаты исследований.

Мониторинг поверхностных вод на территории Казахстанской части водосбора реки Ертис осуществляет филиал Республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Казгидромет» по ВКО, который имеет 29 гидрологических постов на 17 реках Иртышского бассейна и 7 на озерах. По территории области посты распределяются следующим образом: четыре поста на Бухтарминском водохранилище, два на озера Зайсан, один на озере Маркаколь, двадцать один на руслах реки Ертыс и притоках (таблица 1).

Таблица 1 – Годовой сток рек Ертисского бассейна в условиях антропогенной деятельности (млн. м^3)

Годы	Реки Ертисского бассейна					
	Кара Ертис	Калжыр	Улкен Бокен	Куршим	Нарын	Буктырма
2002	8920,0	750,0	220,0	2080,0	430,0	7320,0
2003	6460,0	480,0	-	1360,0	250,0	4570,0
2004	8580,0	790,0	260,0	2160,0	380,0	6500,0
2005	9620,0	750,0	170,0	2020,0	320,0	6370,0
2006	8450,0	850,0	210,0	2100,0	430,0	6810,0
2007	7064,0	669,0	298,0	2144,0	467,0	7285,0
2008	5519,0	580,0	184,0	1507,0	289,0	4636,0
2009	5739,0	732,0	210,0	2252,0	438,0	7379,0
2010	11132,0	974,0	301,0	3094,0	662,0	9145,0
2011	5550,0	602,0	240,0	1652,0	451,0	5929,0
2012	4743,0	180,0	91,0	1274,0	322,0	5787,0
2013	11290,0	905,0	738,0	4320,0	722,0	12740,0
2014	7379,0	-	-	-	-	-
2015	7821,0	407,0	438,0	2785,0	571,0	9839,0
2016	10941,0	427,0	509,0	3447,0	610,0	10277,0
2017	9871,0	360,0	263,0	2901,0	467,0	6843,0

Годы	Реки Ертисского бассейна				
	Левая Береезовка	Ульби	Оба	Малые реки	По бассейну
2002	40,0	2880,0	6650,0	8160,0	37450,0
2003	29,0	1710,0	3010,0	5480,0	23860,0
2004	35,0	2920,0	4260,0	8300,0	34190,0
2005	26,0	2470,0	4190,0	5810,0	31750,0
2006	36,0	2780,0	4760,0	8090,0	32630,0
2007	37,2	3128,0	5519,0	5753,0	31380,0
2008	27,1	2167,0	3627,0	4454,0	22990,0
2009	31,2	3311,0	5550,0	6018,0	31660,0
2010	61,2	3138,0	4825,0	8300,0	41610,0
2011	41,0	2173,0	3065,0	5490,0	25193,0
2012	23,4	1726,0	3225,0	4940,0	22311,0
2013	54,2	4510,0	7821,0	7054,0	50154,0

2014	-	-	-	-	31822,0
2015	47,0	3563,0	6181,0	6053,0	37705,0
2016	53,4	3763,0	7147,0	8262,0	45436,0
2017	51,4	2617,0	6023,0	6307,0	35703,0

Как видно из таблицы 1, годовой сток бассейна реки Ертис в основном формируется за счет годового стока реки Кара Ертис, Буктырма и Оба, которые составляют около 63,7% , реки Куршим и Ульби – 15,5% и малые реки 17,6%, что следует учитывать при планировании использования водных ресурсов для развития отраслей экономики Восточно-Казахстанской и Павлодарской областей.

Анализируя сток рек за 16 лет (2002-2017 гг.) необходимо отметить, что по водности перемежаются годы маловодные, многоводные и средние. Так маловодными были 2003 год, 2008 год, 2012 год и 2014 год. Особенно маловодным оказался 2012 год (22,31 км^3 или 66% от нормы), когда практически природоохранный попуск в пойму реки Иртыш не проводился. Многоводными годами были 2010 год, 2013 год и 2016 год. Особенно многоводным стал 2013 год (50,16 км^3 или 148% от нормы). Это определялось высокими снегозапасами, дождливым летом и осенью. Водность остальных лет была около нормы, в частности в отчетном 2017 году водность рек бассейна составила 35,70 км^3 или 106% от нормы.

Водные ресурсы реки Ертис и ее притоков используются в отраслях экономики Восточно-Казахстанской и Павлодарской областей на нужды промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, рыбного хозяйства, сельского хозяйства - регулярное орошение, залив лиманов и сенокосов, сельхозводоснабжение, обводнение пастбищ Республики Казахстан. Кроме того, водные ресурсы реки используются для выработки гидроэлектроэнергии, нужд судоходства. Ежегодно из Шульбинского водохранилища, с целью поддержания в среднем течении реки Ертис условий близких к естественным паводкам, сохранения биологической продуктивности, экологической среды обитания флоры и фауны поймы проводятся природоохранные попуски.

На территории Восточно-Казахстанской области расположены 47 водохранилищ и 42 пруда, из них в бассейне реки Ертис 45 водохранилищ и 42 пруда. Три крупных водохранилища - Бухтарминское, Усть-Каменогорское и Шульбинское являются водохранилищами комплексного назначения. Режим работы их составляется с учетом требований всех водопользователей: энергетики, водного транспорта, промышленности, населения, рыбного и сельского хозяйств. С целью восстановления санитарной функции реки ежегодно осуществляются весенние природоохранные попуски.

Бухтарминское водохранилище состоит из русловой и озерной (озеро Зайсан) частей. Площадь водохранилища при отметке НПУ составляет 5490 км^2, проектный объем 49,62 км^3.

Створ плотины Усть-Каменогорского водохранилища находится в 1 км выше по течению от впадения в реку Иртыш левого притока реки Аблайкетка. Водохранилище русловое, регулирование стока недельно-суточное. Назначение водохранилища - комплексное. Объем водохранилища при НПУ 0,66 км^3.

Створ плотины Шульбинского водохранилища находится в 3,4 км выше гидрологического поста Баженово. Водохранилище русловое, ведет сезонное регулирование бокового притока на участке между Бухтарминской и Шульбинской ГЭС, назначение водохранилища комплексное.

Таким образом, проблема рационального использования водных ресурсов реки Ертис имеет особую актуальность в связи с тем, что Ертис является трансграничной рекой, и ее водные ресурсы интенсивно используются в сопредельных государствах – в Китайской Народной Республике и Российской Федерации. При этом река Ертис - это крупнейший и, по существу, единственный водный источник Республики Казахстан, где еще имеются относительно свободные водные ресурсы и возможность их использования для развития экономики региона.

Сумма всех поверхностных водных ресурсов бассейна в пределах Республики Казахстан оценивается в 33,66 км^3, из которых 7,768 км формируется на территории Китайской Народной Республики, остальные 25,88 км^3 формируются главным образом, на территории Восточно-Казахстанской области.

В водосборах бассейна реки Ертис построен каскад водохранилищ и из них самым крупным является Бухтарминское водохранилище, с проектным объемом 49,62 км^3. Бухтарминское водохранилище осуществляет многолетнее регулирование стока реки Ертис, то есть принимает на себя основную роль в формировании попусков (природоохранных, судоходных, энергетических) с учетом прогнозируемой и фактической водности в бассейне реки с целью обеспечения оптимальных режимов уровней и расходов на реке Ертис на территории Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан и Павлодарской и Омской областей Российской Федерации во все периоды года.

Выводы. Таким образом, водосбор бассейна рек Ертис на территории Республики Казахстан является сложным природно-техногенным комплексом, включая Бухтарминское, Усть-Каменогорское и Шульбинское водохранилища, с помощью которых осуществляются регулирование и управление водными ресурсами Ертиского водохозяйственного бассейна.

Список используемых источников

1. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление: в 21 томе. - Алматы, 2012. Т. V: Климат Казахстана – основа формирования водных ресурсов / Под науч. ред. Сальникова В. Г. – 430 с.

2. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление: в 21 томе. - Алматы, 2012. Т.VII: Ресурсы речного стока Казахстана. Кн.1: Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана / Под науч. Ред. Р.И. Гальперина. – 684 с.

3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Алтай и Западная Сибирь. Горный Алтай и Верхний Иртыш.- М.: Гидрометеоиздат.-1966. - Т.15. - Вып. 1.- 216 с.

4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Алтай и Западная Сибирь. Горный Алтай и Верхний Иртыш.- М.: Гидрометеоиздат.-1969. - Т.15. - Вып. 1.- Ч.1. -216 с.

5. Информационный бюллетень. Современные проблемы Иртышского бассейна.- Семипалатинск. - 2006. - 215 с.

6. Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В., Сокольский В.А., Бурлибаева Д.М., Уваров Д.В., Смирнова Д.А., Ефименко А.В., Милюков Д.Ю. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана- Алматы: Издательство «Қанағат», 2014.- том 1.-744 с.

УДК 631.559:631.165

ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА РИСОВОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ В УСЛОВИЯХ МАЛОВОДЬЯ НА ПРИМЕРЕ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА НИЖНЕЙ КУБАНИ

Е.В. Федотова
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Водные ресурсы реки Кубань и ее притоков являются одним из главных «жизнеобеспечивающих» факторов агропромышленного комплекса Краснодарского края. При возникновении длительных и даже кратковременных маловодных периодов в бассейне р. Кубань регистрируется ощутимый ущерб сельскохозяйственного производства в масштабах края, и особенно в рисоводческой отрасли. Рисовый мелиоративный комплекс является наиболее весомой составляющей общего водохозяйственного комплекса Кубани, фактически около 80% всего российского риса производится в Краснодарском крае.

Для выращивания риса в крае в 1920-1930 гг. были осушены большие площади плавней и построены оросительные и оросительно-обводнительные мелиоративные системы. Мелиоративный комплекс Кубани представлен достаточно крупными водохранилищами (Краснодарское, Крюковское и Варнавинское), гидротехническими регулирующими сооружениями (Федоровский и Тиховский), современными инженерными мелиоративными системами, имеющими общую подающую и отводящую межхозяйственную сеть с орошаемыми площадями, занятыми другими культурами.

В составе мелиоративного комплекса Кубани Черноерковская рисовая оросительная система (ЧОРС) является одной из крупнейших рисовых систем в России (рис. 1), с общей площадью орошаемых земель 33,2 тыс. га, протяженность оросительной и сбросной сети каналов составляет 4674 км, в том числе межхозяйственных – 568 км. Вода на орошение поступает из р. Протока, являющейся правым рукавом р. Кубань [1].

Водоподача на систему осуществляется пятью водозаборами, один из которых самотечный (СМК) и четыре водозабора оборудованы насосными станциями (НС 1-3, НС-6). Сбросные воды поступают к насосной станции НС-4 и сбрасываются в р. Протоку. С основной части орошаемых площадей системы отведенные под рисосеяние сбросные воды поступают к насосным станциям НС-5 и 6, откуда направляются вновь на орошение, восполняя недостаток воды внутри системы. Оставшиеся сбросные воды поступают в р. Протоку. Технические характеристики насосных станций представлены в таблице 1.

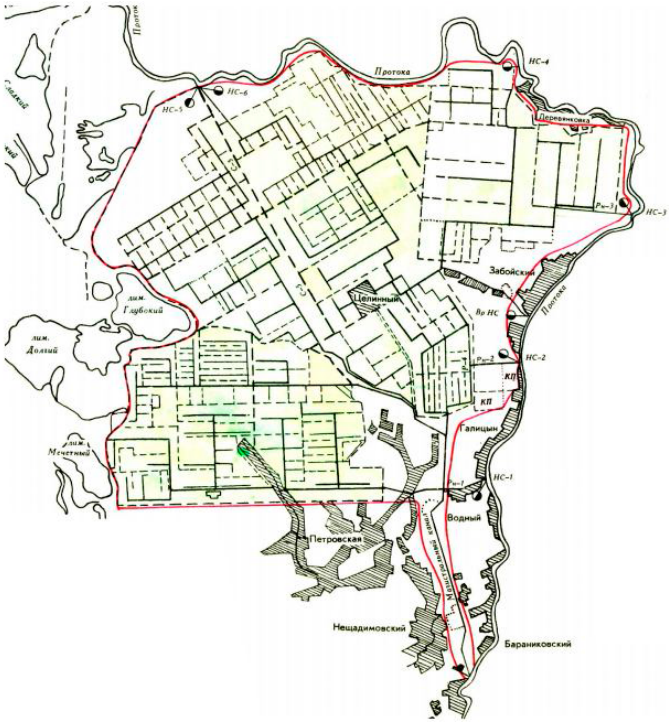


Рисунок 1 – Схема Черноерковской рисовой оросительной системы

Таблица 1 - Основные технические характеристики насосных станций Черноерковской системы

Наименование насосной станции	Год постройки	Назначение	Обслуживаемая площадь, га	Максимальный расход, фактический (проектный), $м^3$/сек	Годовой объем водоподачи, тыс.$м^3$
НС-1	1976	водоподача	6650	15 (18,2)	169,2
НС-2	1981	водоподача	6750	28,5 (27,7)	182
НС-3	1971	водоподача	4979	16,8	156
НС-4	1973	водоотведение	10200	10	189,2
НС-5	1979	водоотведение	57284	59,2	700
НС-6	1984	водоподача и водоотведение	5500	16	146

Водораспределение на внутрихозяйственной оросительной системе формируется по производственным (плановым) показателям и эколого-экономическим критериям. На межхозяйственной оросительной системе вододеление выполняется согласно поданным хозяйствами-водопользователями заявкам на объемы оросительной воды. В таблице 2 представлены данные о водоподаче на насосные станции ЧОРС на основе этих заявок.

В изучаемом регионе в агротехнике выращивания риса применяется как правило водный режим постоянного затопления поля, вследствие чего, расход воды за вегетационный период доходит до 30 тыс. $м^3$/га и более. Это в 5-10 раз выше, чем у других орошаемых культур. Вместе с тем по непосредственному водопотреблению рис практически не отличается от других злаков. За период вегетации расход на транспирацию с 1 га поля составляет 2200-4500 $м^3$ воды.

Остальная часть оросительной нормы или около 90% всего количества используется для создания слоя воды и требуемой проточности в чеке.

Таблица 2 - Водоподача насосных станций ЧОРС по данным 2018 года

Название	Объем воды, за год, т/м^3	Хозяйство	Площадь риса, га	Водо-подача по хозяйству, т. м^3/г	в т.ч. по месяцам				
					IV	V	VI	VII	VIII
СМК	129800	ЗАО Приазовское	1285	25760	1152	8199	6328	6406	3675
		ООО ЗК Новопетровская	1528	31032	1407	10102	7525	7618	4380
		ЗАО АПФ Кубань	562	13448	621	3854	3399	3506	2068
		ООО Кубань-Фавн	334	6979	300	2201	1616	1795	1067
		ООО «Сладковское»	632	13217	563	4199	3058	3396	2001
		ООО «Промсервис-Юг»	1185	24784	1055	7875	5734	6368	3752
		Замочка		2200	2200				
		Всего СМК	**5526**	**117419**	**7297**	**36429**	**27660**	**29089**	**16944**
НС №1	100600	ЗАО Приазовское	1865	37379	1666	11889	9184	9298	5343
		ООО ЗК Новопетровская	1434	29124	1322	9482	7062	7149	4109
		ООО Сельхозпром	409	9010	379	3091	2289	1970	1281
		ООО Мелиоратор	443	8999	409	2931	2182	2209	1268
		Замочка		1800	1100	700			
		Всего НС№1	**4151**	**86312**	**4876**	**28093**	**20717**	**20625**	**12002**
НС №2	131600	ООО ЗК Новопетровская	1955	39645	1764	12762	10273	10353	4494
		ООО Кубань-Фавн	2252	46978	2012	14848	10896	12102	7120
		ООО «Промсервис-Юг»	493	10311	439	3277	2385	2649	1561
		Замочка		2000		2000			
		Всего НС№2	**4700**	**98934**	**4215**	**32886**	**23555**	**25105**	**13174**
НС №3	99427	ООО ЗК Новопетровская	3932	88136	3398	24969	23441	23441	12887
		ООО «Бозон»	96	2149	83	610	572	572	312
		Замочка		1180	200	980			
		Всего НС№3	**4 028**	**91465**	**3681**	**26559**	**24013**	**24013**	**13198**
НС №6	24073	КФХ «Слюсаренко»	459	8855	333	2519	2181	2459	1363
		ИП Красова Н.П.	1893	36506	1363	10369	8996	10140	5637
		ИП Конюхов	277	5344	183	1512	1364	1458	828
		ООО ЗК Новопетровская	870	16815	629	4733	4285	4578	2592
		Замочка		820	820				
		Всего НС№6	**3499**	**68340**	**3327**	**19133**	**16825**	**18635**	**10 420**
Всего	485500	Подача хозяйствам		**454470**	**19076**	**139420**	**112770**	**117467**	**65738**

В настоящее время в хозяйствах Краснодарского края ощущается растущий дефицит воды для полива, который усиливается из-за постоянного увеличения посевных площадей под рисом и другими орошаемыми сельскохозяйственными культурами. В таблице 3 представлена структура посевных площадей орошаемых земель ЧОРС.

Планирование водопользования рисосеющих хозяйств и оценка экономического ущерба в случаях дефицита поливной воды строятся прежде всего на показателях водопотребления основной культуры и водозатратах агротехнологии в целом по производству товарного риса. Очевидно, что оросительная норма будет зависеть от режима орошения и агроэкологических факторов: засоленности почв и засоренности полей, планировки поверхности чеков, скорости фильтрации воды, продолжительности вегетации и др. [2].

Для определения производственной функции зависимости урожайности культуры от оросительной нормы, используемой в как в водохозяйственных, так и в экономических расчетах, необходимо прежде всего в каждом конкретном хозяйстве определить полную оросительную норму для практикуемого режима орошения на основании водного баланса рисового поля с учетом всех расходных статей и сопоставить с полученной фактической урожайностью зерна и погодными условиями вегетационного периода. Последующий анализ влияния дефицита поливной воды на составляющие водного баланса и урожайность может обеспечить возможность количественной интерпретации влияния недоподачи воды по срокам и объемам непосредственно на продукционный процесс и расширить границы и достоверность производственной функции [3-5].

Таблица 3 - Структура посевных площадей орошаемых земель Черноерковской оросительной рисовой системы (по данным 2018 года)

№	Наименование хозяйства	Орошаемые площади, га	Зерновые всего, га			Технические культуры (соя, подсолнух, цветы)	Кормовые культуры, га	
			в т.ч. по культурам				в т.ч. по культурам	
			рис	озимый ячмень, озимая пшеница	яровые		однолет. травы	многолет. травы
1	ЗАО "Приазовское"	5594	3150	572	60	70	365	1080
2	ООО "ЗК Новопетровская"	14200.6	9718.8	175		1789	543	
3	КФХ "Слюсаренко"	538	459		79			
4	ЗАО АПФ "Кубань"	1239	562	72		605		
5	ООО "Сельхозпром"	664	409			255		
6	ИП Красова Н.П.	2693.8	1893.4	796.4				
7	ООО "Мелиоратор"	854	443	115	96	167		
8	ООО "Кубань-Фавн"	4296	2586	420				1123
9	ООО «Сладковское»	632	632					
10	ООО «Промсервис-Юг»	1678	1678					
11	ИП Конюхов	700.6	276.6	424				
12	ООО" Бозон"	96	96					
	ВСЕГО	33186	21903.8	2574.4	235	2886	908	2203

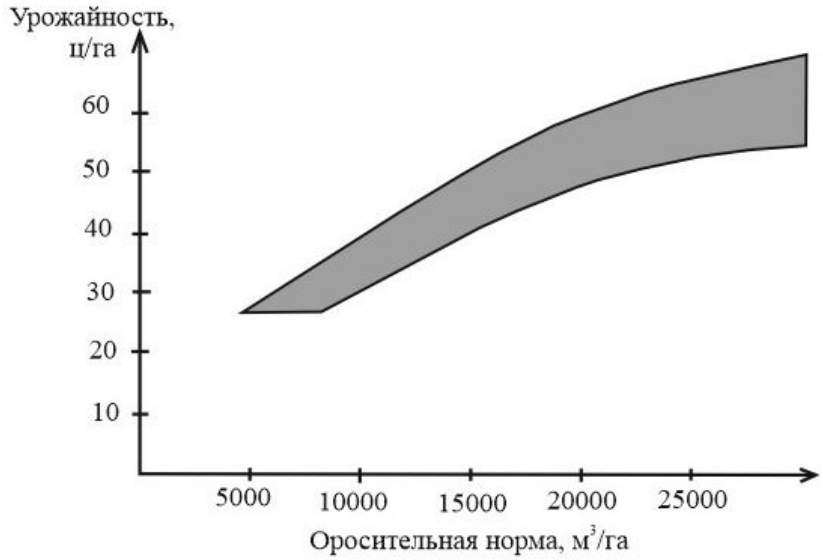


Рисунок 2 – Область значений производственных функций для риса, возделываемого на землях Черноерковской оросительной системы

Использование производственных функций позволяет формулировать оптимизационную задачу по распределению и перераспределению воды на орошение по культурам в случае возникновения дефицита, а также количественно сопоставить затраты и результат по каждому отдельному виду продукции, оценить эффективность использования ресурса. На рисунке 2 представлен эскизный вариант множества производственных функций для посевов риса на землях Черноерковской оросительной системы.

Список использованных источников

1. Щедрин В.Н., Колганов А.В., Васильев С.М., Чураев А.А. Оросительные системы России: от поколения к поколению. Часть 1. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 283 с.

2. Балакай Г.Т., Докучаева Л.М., Юркова Р.Е. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водоотведения с рисовых оросительных систем. // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2018. – № 3(31).

3. Галямин Е.П. Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов в орошении. – Л.: Гидрометиздат, 1981. – 272 с.

4. Головатый В.Г., Добрачев Ю.П., Юрченко И.Ф. Модели управления продуктивностью мелиорируемых агроценозов. – М.: 2001. – С.60-103.

5. Рау А.Г. Водораспределение на рисовых системах. – М.: Агропромиздат, 1987. – 86с.

УДК 631.672:004.65

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ ЕРГЕНИНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЗЗ

Р.М. Шабанов, Э.Б. Дедова
Калмыцкий филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г.Элиста, Россия

Ергенинская возвышенность (Ергеня) располагается в юго-восточной части Европейской территории России, представляя собой платообразную возвышенность, напоминающую своей формой треугольник. Протяженность с севера на

юг составляет примерно 300 км, при этом ширина увеличивается с 50 км в северной ее части до 350 км в южной. Высота также изменяется в этом направлении, нарастая с 120 м до 220 м.

Административно-территориально Ергеня делят между собой три региона России. Северная окраина, расположена в пределах Волгоградской области, западная часть склона возвышенности в Ростовской области, восточная в Республике Калмыкия. Возвышенность является водоразделом Донского и Волжского бассейнов и служит климатической границей, западный склон представляет собой сухую степь, восточный полупустыню. Восточный склон Ергеней круто обрывается к Прикаспийской низменности и разрезан густой сетью балок, вытянутых в широтном направлении. По дну этих балок в весенний период после таяния снегов протекают небольшие речки не составляющие единого бассейна, водотоки раздельно впадают в Сарпинские озера и лиманы или теряются в прилегающей низменности. В последующем русла большинства этих рек пересыхают, исключение составляют места действия родников и ключей.

Территория Калмыкии является одной из самым засушливых и наименее обеспеченных водными ресурсами в Российской Федерации. Гидрография развита очень слабо, вследствие чего остро стоит проблема обеспеченности водой. До 90% от общего объема пресных вод для различных нужд поступают с соседних территорий из бассейнов рек Волга, Кубань, Терек и Кума [1-4].

Основной объем местного поверхностного стока воды республики формируется на восточном склоне Ергенинской возвышенности. Преимущественно аккумулируется в прудах и водохранилищах. Часть накопленного стока используется для целей сельхозводоснабжения и орошения небольших массивов. Как источник хозяйственно-питьевого водоснабжения характеризуются негативным природным и экологическим состоянием

Все отрасли республики ощущают дефицит водных ресурсов. Из-за этого вопрос рационального водопользования стоит одним из первых на повестке дня. В частности, для успешного развития сельского хозяйства необходимы качественные источники воды, исходя из этого эколого-мелиоративный мониторинг водоемов является наиболее важным и актуальным, так как позволяет оценить существующую ситуацию и спрогнозировать ее в будущем.

Эколого-мелиоративные исследования проводились на 5 водоемах восточного склона Ергенинской возвышенности.

Озеро Ялмата расположено на севере Республики Калмыкия в Малодербетовском районе (47°52′13″N 44°36′2″ E), вмещает в себя несколько млн. $м^3$ воды. Минерализация воды имеет большие колебания от 0,533 до 6,414 г/л, что напрямую связано с объемом поступающего стока. Гидрохимический состав также подвержен существенным изменениям по годам и внутрисезонно. Преобладают сульфатно-хлоридный натриевый, хлоридно-сульфатный натриевый и хлоридно-гидрокарбонатный натриевый типы засоления. Водородный показатель (pH) изменяется от 7,7 до 8,4, т.е. вода имеет слабощелочную и щелочную реакцию.

Современные направления использования - водопой скота и любительское рыболовство.

Водохранилище Аршань-Зельмень располагается на территории Сарпинского района Республики Калмыкия (47°35′49″ N 44°35′44″ E) и является одним из старейших водоемов региона, построенных в 1935-1937 гг. Создание водохранилища включало перекрытие балки Аршань-Зельмень земляной плотиной, что позволяет аккумулировать местный поверхностный сток со склонов Ергенинской возвышенности.

Первоначальные размеры и качественные показатели водоема составляли: площадь зеркала воды – 10,8 км^2, объем – 20,4 млн. м^3, минерализация воды - 1,3 г/л. Функционирующее водохранилища Аршань-Зельмень предусматривалось использовать для полива сельскохозяйственных культур, рыборазведения и промыслового рыболовства, водопоя скота и в рекреационных целях (отдых, туризм, спорт).

Химизм засоления хлоридно-сульфатный натриевый и сульфатно-хлоридный. Активная реакция воды слабощелочная и щелочная – pH =7,4-8,4.

Уровень минерализации воды изменяется по годам от 1,194 до 7,176 г/л в весенний период и до максимальных колебаний осенью – от 2,099 до 10,370 г/л, что говорит о полной зависимости от местного паводкового стока со склонов Ергенинской возвышенности.

Данные воды могут использоваться практически для всех нужд агропромышленного комплекса. В современный период вода ограниченно используется для водопоя скота и для любительского рыболовства.

Водохранилище Нугра располагается в Кетченеровском районе Республики Калмыкия (47°24′37″ N 44°37′8″ E). Водохранилище создано в результате создания в низовье реки Элиста насыпной земляной плотины, длина которой 460 м и ширина 5 метров. С южной и северной стороны берега водоема окаймлены пологими отрогами Ергенинской возвышенности, что позволяет формировать местный поверхностный сток с ее склонов. При этом через водохранилище транзитом протекает река Элиста.

Водохранилище Нугра в зависимости от водности года вмещает от 5,0 до 21,5 млн. м^3. При этом его длина 2,5 км, ширина 500 м, наибольшая глубина 5 метров.

Данному водоему присущи резкие колебания минерализации воды. Весной она составляет 0,554-1,490 г/л, а к осени повышается до 2,269-4,241 г/л. Экстремальным был 2007 год, когда весной минерализация воды находилась на уровне 3,745 г/л и затем повысилась до 19,665 г/л. Основные типы химизма воды: сульфатно-хлоридный натриевый; сульфатный натриевый. Активная реакция воды слабощелочная и щелочная, т.к. pH находится в пределах 7,6-8,4.

В настоящий период вода используется для водопоя скота, а также развито любительское рыболовство.

Водохранилище Амта-Бургуста вместимостью до 15 млн. м^3 расположено в Кетченеровском районе Республики Калмыкия (47°17'26,8"N 44°34'11,2"E). За период мониторинга качество воды находилось на хорошем уровне. Минерализация воды колебалась от 1,019 до 1,916 г/л, а в 2015 г. снизилась до 0,630 г/л. Улучшился в последний период и химический состав воды. Если до 2009 г. преобладающим был сульфатно-хлоридный натриевый тип засоления, то сейчас

наблюдается гидрокарбонатно-сульфатный натриевый и гидрокарбонатный натриево-кальциевый тип.

Вода пригодна для водопоя скота, орошения и на технологические нужды. Имеется также возможность организации хозяйственно-питьевого водоснабжения при строительстве очистных сооружений.

Водохранилище Суварган, располагающееся в Кетченеровском районе Республики Калмыкия (47°04'10,0"N 44°26'41,1"E), обладает низкими качественными показателями воды. Весной минерализация постоянно находится на уровне 4,174-6,937 г/л, а с осени повышается до 6,666-10,279 г/л. Тип химизма: сульфатно-хлоридный, натриевый; хлоридно-сульфатный, натриевый Водородный показатель (pH) изменяется в пределах от 7,6 до 8,6.

Водоем в настоящий период используется главным образом для промышленного и любительского рыболовства.

В результате проведения многолетнего мониторинга получены материалы за 2000-2018 гг., представляющие сведения по химическому (анионный и катионный) составу и степени минерализации поверхностных вод водоемов. Для определения площади водной поверхности использовались разновременные материалы космической съемки.

На данный момент времени существует множество коммерческих и некоммерческих спутниковых систем. Источником информации для базы данных послужили снимки из открытых архивов доступных всем желающим в сети Internet порталов EarthExplorer Геологической службы США (USGS) и The Copernicus Open Access Hub Европейского космического агентства (ESA). Были использованы данные с космических аппаратов Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI/TIRS и Sentinel-2,

Обработка и анализ данных космических изображений производилась посредством свободной кроссплатформенной геоинформационной системы QGIS.

Дешифрирование выполнялось по обычным, цветным спектрозональным, цветным синтезированным материалам космической информации, полученным с искусственных спутников Земли.

На современном этапе развития общества в мире проявляется тенденция цифровизации и цифровой интеграции. Результатом чего является повсеместное проникновение всевозможных компьютерных сервисов во все области человеческой жизни, будь то развлечение, обучение или научные исследования [5-6]. Весь цикл научного исследования в той или иной мере связан с компьютерами и разнообразными программами и службами.

Современные компьютеры и программное обеспечение открывают большие возможности для исследователей и специалистов в области хранения и обработки данных. Применение баз данных ускоряет работу, так как автоматизирует часто повторяющиеся операции, позволяет удобно вводить новые данные, защищает информацию от ошибок, дает возможность для экспорта данных, производит быстрый поиск данных и т.д.

Создание баз данных, в которых хранится информация высокого качества, содержащая достоверные и полные сведения, является важной задачей для исследователей.

Для структурирования информации, размещения ее в таблицах и манипулирования данными нами была использована система управления базами данных (СУБД) MS Access, как одна из самых доступных СУБД рядовому пользователю, не имеющему навыков программирования, так как она входит в пакет MS Office который есть почти у каждого.

База данных содержит 4 таблицы (рис. 1). Таблица «Водохранилища» содержит информацию о характеристике, расположении водоемов и их названии. Данная таблица является главной, обеспечивая связь и целостность базы данных посредством соединения с последующими подчиненными таблицами связью один ко многим. Ключевым является поле «Водохранилище». В таблицу «Качественные показатели воды водохранилищ Ергенинской возвышенности» заносятся и хранятся данные об уровне и степени опасности развития негативных процессов, исходя из вида засоления, химизм воды по ионам и дата отбора образцов. Таблица «Динамика площади зеркала водохранилища» содержит космические снимки водоемов, полученные искусственными спутниками Земли в интересующие временные промежутки с графическим указанием контура кромки воды. В таблицу «Динамика химического состава и минерализация воды» занесена информация по химическому анализу воды водоема, анионный и катионный состав, сумма солей, уровень pH и дате отбора образцов.

Сформированная база данных имеет простой и удобный интерфейс (рис. 2). Для навигации и перехода в интересующий раздел, где хранится информация по конкретному водохранилищу, создана главная форма, содержащая кнопки для перехода.

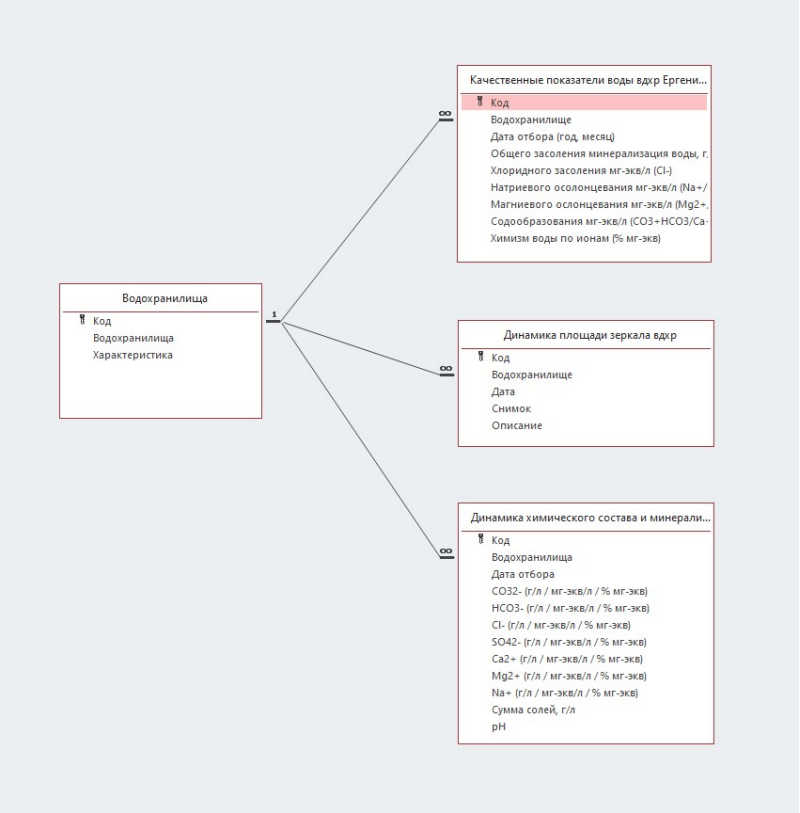


Рисунок 1 - Схема базы данных

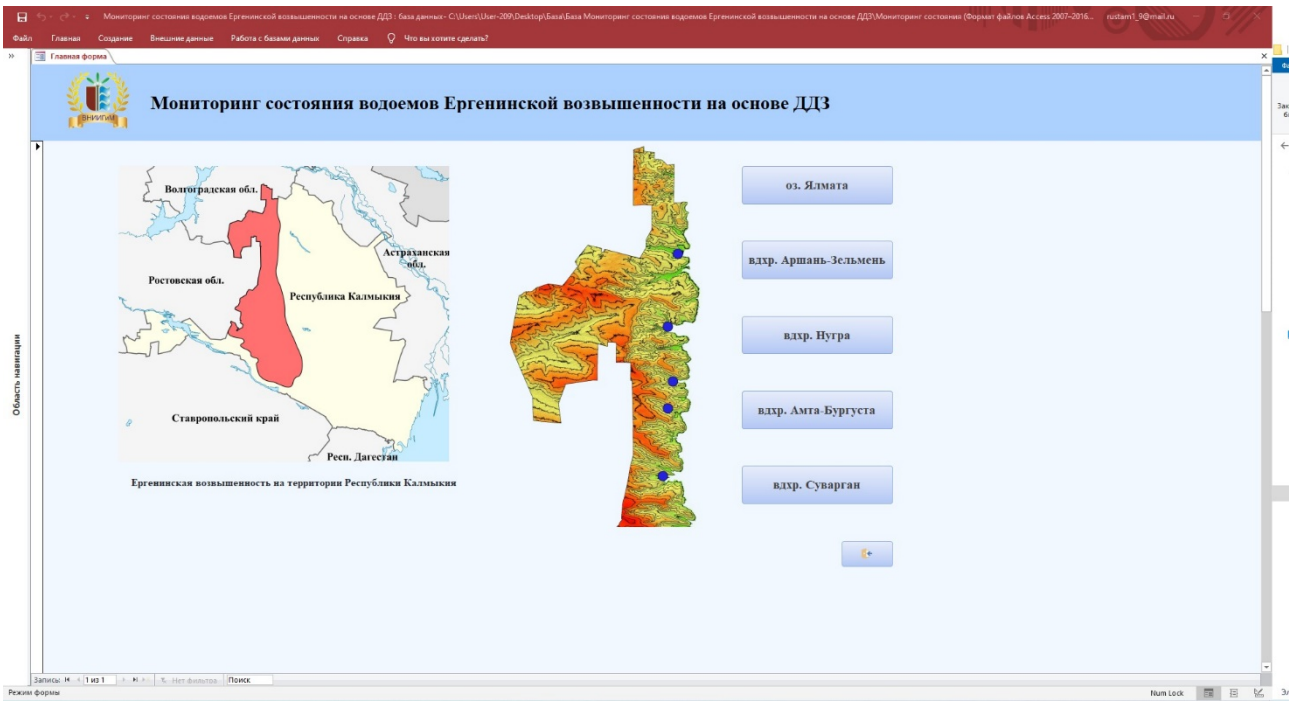


Рисунок 2 - Главная форма

Данные представляются в виде наглядных таблиц отчетов с цветовым оформлением и разными шрифтами для отображения наиболее важной информации.

Космические изображения водохранилищ, а также авторские фотографии в БД хранятся в виде растровых изображений. Использован сжатый формат хранения растровой графики (jpeg), что позволяет в значительной степени сократить объем хранимого изображения.

Созданная база данных имеет большой научный интерес для исследователей, так как представляет собой совокупность разносторонних данных, характеризующих водохранилища Ергенинской возвышенности за большой промежуток времени, который можно анализировать, дополнять или использовать для составления своих собственных баз данных.

Таким образом, была сформирована база данных эколого-мелиоративного мониторинга с использованием материалов дистанционного зондирования и многолетних исследований о состоянии водных объектов Ергенинской возвышенности за период с 2000 г. по 2018 г.

Представленная база позволяет хранить, обновлять и просматривать информацию о состоянии водных объектов на территории Ергенинской возвышенности, осуществлять формирование выборки данных с последующей выгрузкой их в формат Excel для обработки и анализа.

Список использованных источников

1. Бородычев, В.В. Водные ресурсы Республики Калмыкия и мероприятия по совершенствованию водохозяйственного комплекса / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов // Доклады РАСХН. – 2015. – № 4 – С. 41-45.

2. Бородычев, В.В. Экосистемный мониторинг водных ресурсов и мелиоративных объектов // В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов, А.А. Дедов / Российская сельскохозяйственная наука. –- 2017. – №3. – С. 56-61.

3. Дедова, Э.Б. Методические положения создания комплексного мониторинга водных ресурсов и мелиоративных систем Республики Калмыкия / Э.Б. Дедова, Н.Н. Дубенок, В.В. Бородычев, С.Д. Исаева, М.А. Сазанов, Москва. – 2017. – 97 с.

4. Демкин, О.В. Комплексное использование водных ресурсов Республики Калмыкия / О.В. Демкин, С.Б. Адьяев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов / Монография – Элиста: ЗАОр «НПП «Джангар», 2006. – 200 с.

5. Уланова, С.С. Геоинформационные системы при изучении внутренних водоемов Калмыкии // Молодежь и наука: третье тысячелетие: Мат. респ. науч.-практ. конф. – Элиста: ИКИАТ, 2004. – С. 17-25.

6. Шабанов, Р.М. Формирование реляционной базы данных комплексного мониторинга лиманных агромелиоландшафтов Калмыкии / Шабанов Р.М., Дедова Э.Б. // Мелиорация земель - неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации: материалы междунар. науч.-практ. конф. г. Москва, 24-25 октября 2018 г. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2019. – С. 589-593.

ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

УДК 631.51

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРЕХСТОЕЧНОГО РЫХЛИТЕЛЯ МЕТОДАМИ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Х.А. Абдужаббров[1], И.М. Жогин[2], М.М. Камалов[1], И.В. Цветков[1]

[1]ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Москва, Россия;
[2] ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Введение

Технологические процессы возделывания сельскохозяйственных культур связаны с многократными проходами тяжелой техники по поверхности поля. В результате переуплотняются подпахотные горизонты, и снижается влагоемкость почвенного слоя. В зависимости от механического состава плотность подпочвенного слоя достигает 1,5…1,6 г/см^3 (12 - 15 ударов плотномера ДорНИИ) [1,2]. При таких условиях наиболее эффективным приемом является механическое рыхление уплотненных горизонтов.

Процессы разуплотнения пахотного слоя почвы и «плужной подошвы» на глубину до 40…45 см достаточно освещены в публикациях [3], а разуплотнение слоев глубиной выше 45 см еще не достаточно разработано и обосновано. Решению данной задачи посвящены работы ряда исследователей, многие технические решения защищены авторскими свидетельствами и патентами.

Идея фрактального строения грунтов различного типа развивается достаточно давно. О фрактальной структуре полостей и трещин в неоднородных телах написано достаточное большое количество работ [4,5]. Фрактальные модели активно используются, в частности, при моделировании фильтрации различных жидкостей через грунт [6].

При механической обработке грунта происходит изменение его структуры. Можно предположить, что при этом изменятся его фрактальные, структурные характеристики.

Структура грунта после обработки рыхлителем зависит от режима работы и особенностей конструкции его рабочих органов. Для количественного выражения структурного изменения обрабатываемого грунта предполагается использовать его фрактальные характеристики. На основе динамики фрактальных характеристик планируется определить оптимальную форму и конструкцию рабочего органа рыхлителя.

Методы исследований

Экспериментальные исследования проводились на грунтовом канале, плотность грунта составляла 4 удара плотномера ДОРНИИ, влажность 8…9%, тип грунта суглинок средней плотности.

Эксперименты проводились на модели трехстоечного рыхлителя с углами наклона лемеха 25, 30 и 35 градусов (рис. 1,2). Работы проводилось в несколько

этапов, повторность опытов на каждом этапе составляла не менее 4 раз. В процессе исследований измерялось тяговое усилие тензометрическим методом с регистрацией результатов на ЭВМ, делались срезы грунта с применением специально сконструированного устройства, срезы маркировались метками с нанесенными параметрами эксперимента, после чего производилось их фотографирование.

Каждая модель рабочего органа испытывалась при работе на разных скоростях. Диапазон рабочих скоростей составил от 0,15 до 0,3 м/с с шагом 0,05 м/с.

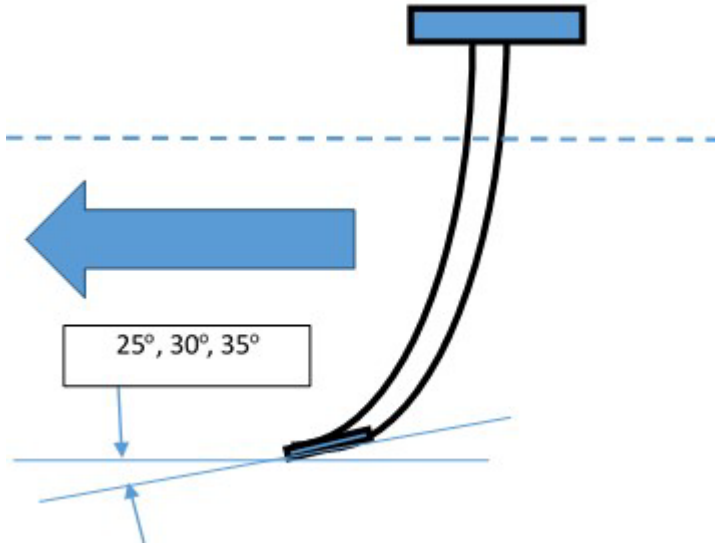


Рисунок 1 - Элемент рабочего органа стоечного рыхлителя

Рисунок 2 - Модели рабочего органа стоечного рыхлителя

Результаты и обсуждение

В результате обработки результатов получено распределение фрактальной размерности после обработки грунта трехстоечным рыхлителем с углами установки лемехов 25 градусов на скорости 0,2 м/с (рис. 3).

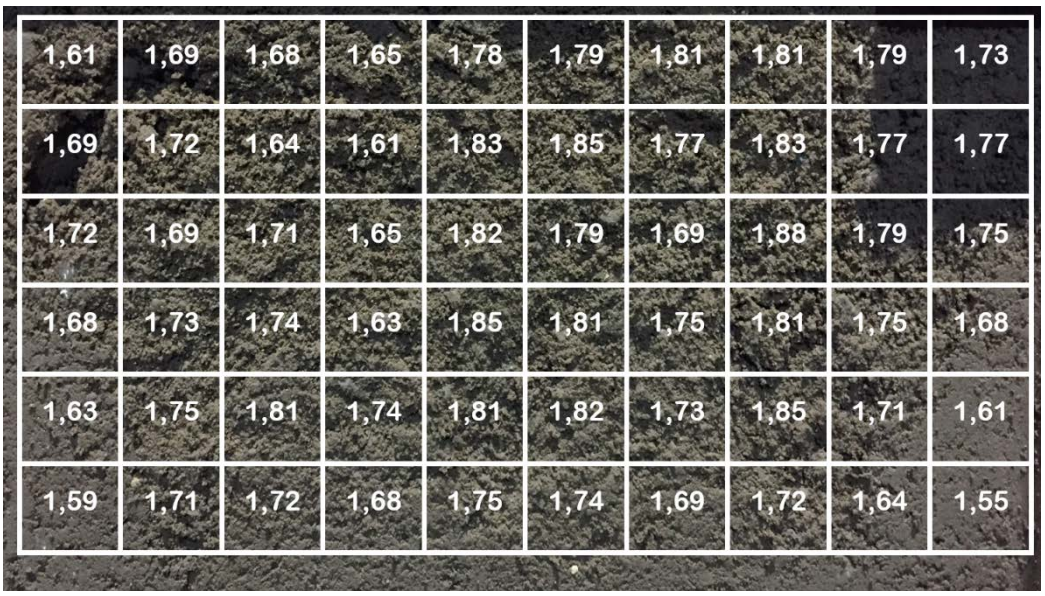


Рисунок 3 - Распределение фрактальной размерности среза грунта, обработанного трехстоечным рыхлителем

Построены графические изображения распределения фрактальной размерности трехстоечных рыхлителей при различных скоростях обработки (рис. 4). На графиках схематично нанесено положение рыхлителя.

Получены зависимости средних значений тяговых усилий при различных скоростях и углах установки лемехов (рис. 5).

Зависимости (рис. 5) показывают пропорциональность роста тяговых усилий при увеличении угла установки лемеха и скорости рыхления. При скоростях до 0,2 м/с зависимости практически линейны, а при более высоких скоростях они приобретают слабо степенной характер.

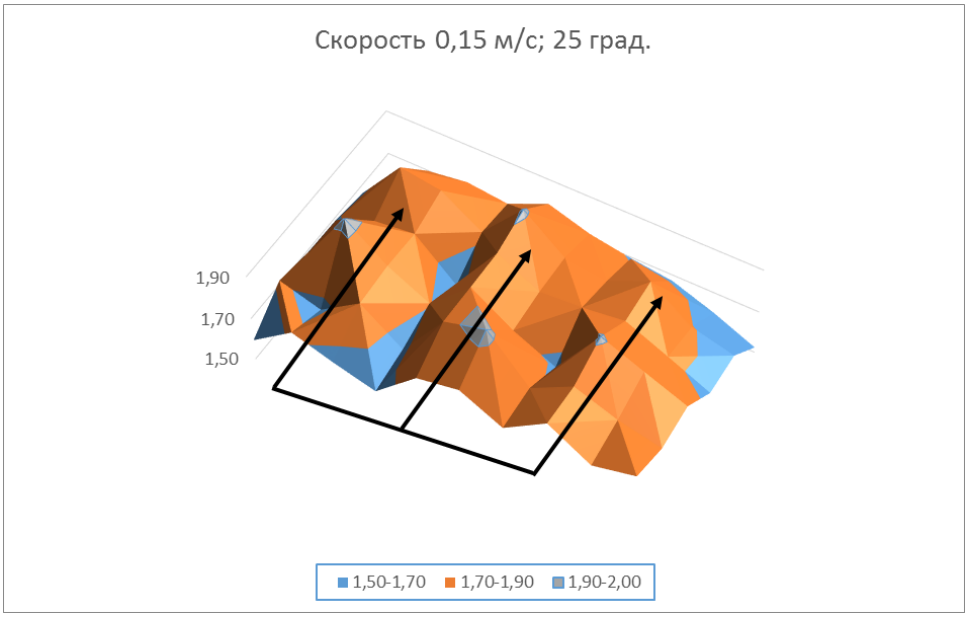
По динамике коэффициента корреляции (табл. 1) можно сделать вывод о наиболее равномерном рыхлении грунтового массива при угле наклона лемехов трехстоечного рыхлителя 30 градусов.

Таблица 1 - Коэффициент корреляции между нормированными средними фрактальными размерностями срезов и тяговыми усилиями по диапазону скоростей

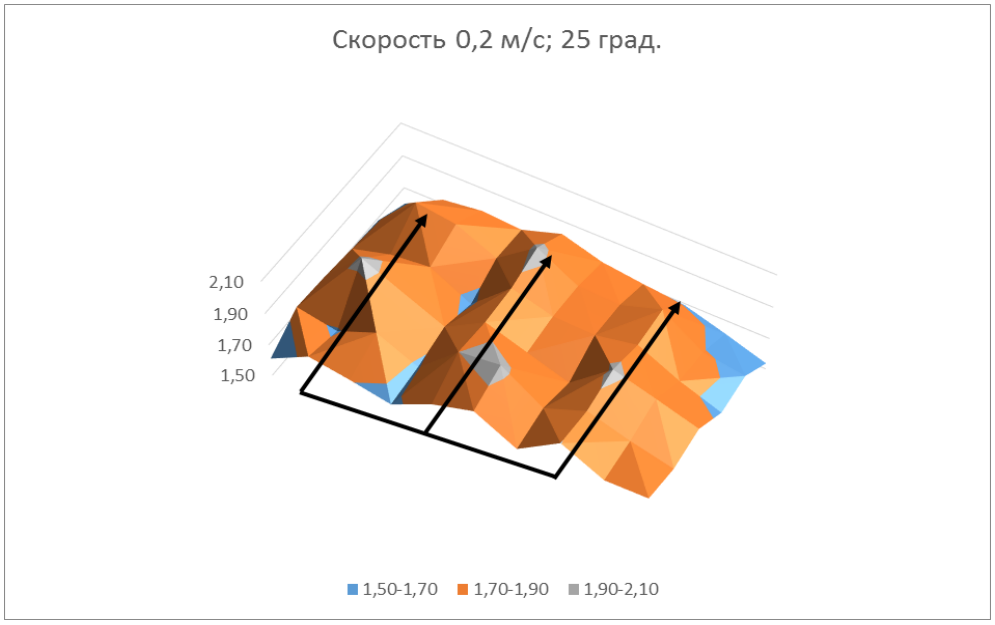
Угол наклона лемеха, градусы	25	30	35
Значения коэффициента корреляции	0,73	0,85	0,68

На рисунке 6 представлена усредненная фрактальная размерность по сериям экспериментов. Данные являются усреднением результатов по 60 измерениям для каждого среза, и поэтому имеют высокую достоверность.

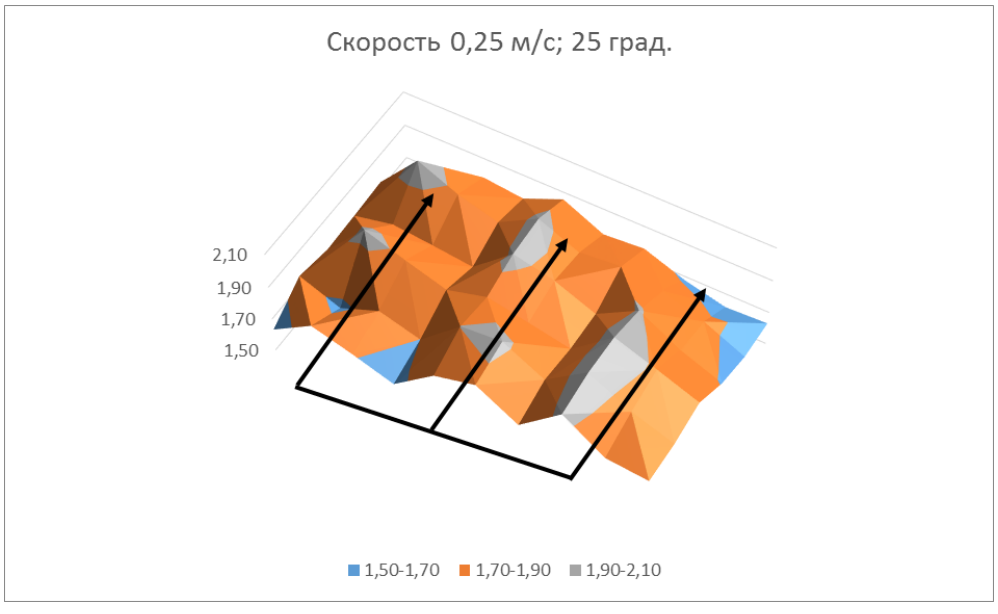
Анализ показывает, что качество рыхления, выражаемое фрактальной размерностью для модели рабочего органа рыхлителя с углом наклона лемеха 25 градусов, растет практических линейно пропорционально скорости. Для моделей же с углами 30 и 35 градусов наблюдается степенная зависимость с вероятным выходом на постоянное значение (рис. 6). Это связано с тем, что достигается максимально возможная степень разрыхления грунта.



А



Б



В

Рисунок 4 - Распределение фрактальной размерности грунта, обработанного трехстоечным рыхлителем с углом установки лемеха 25 градусов

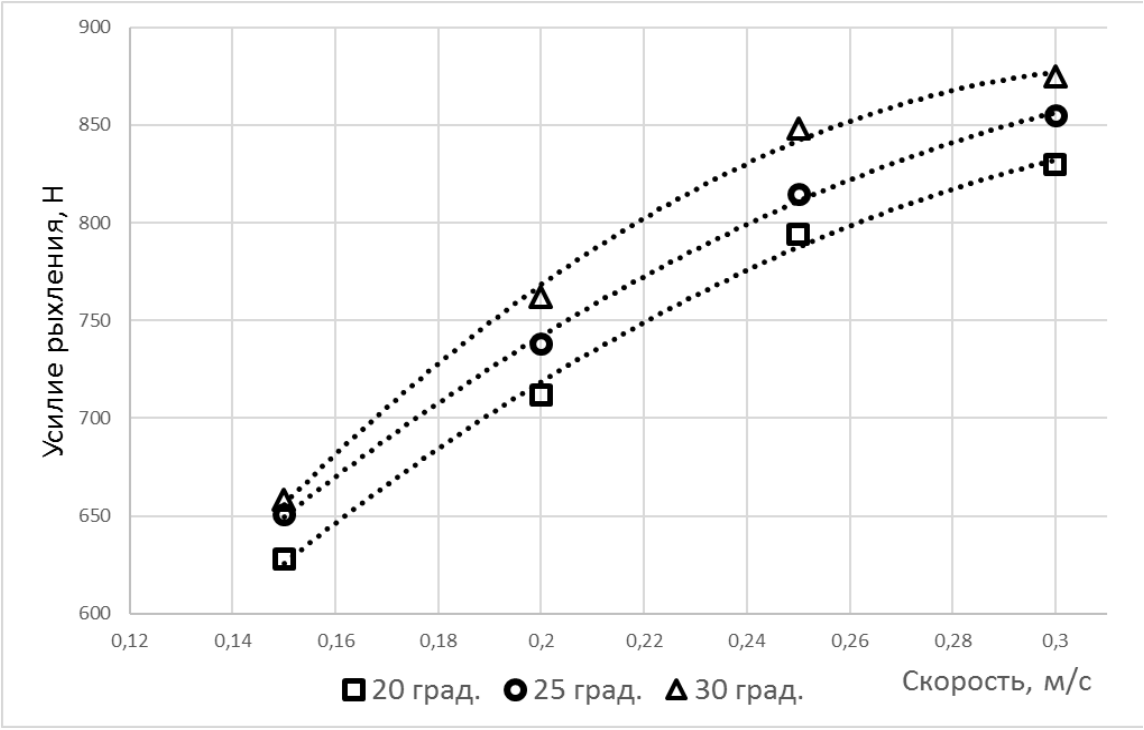


Рисунок 5 - Распределение тяговых усилий

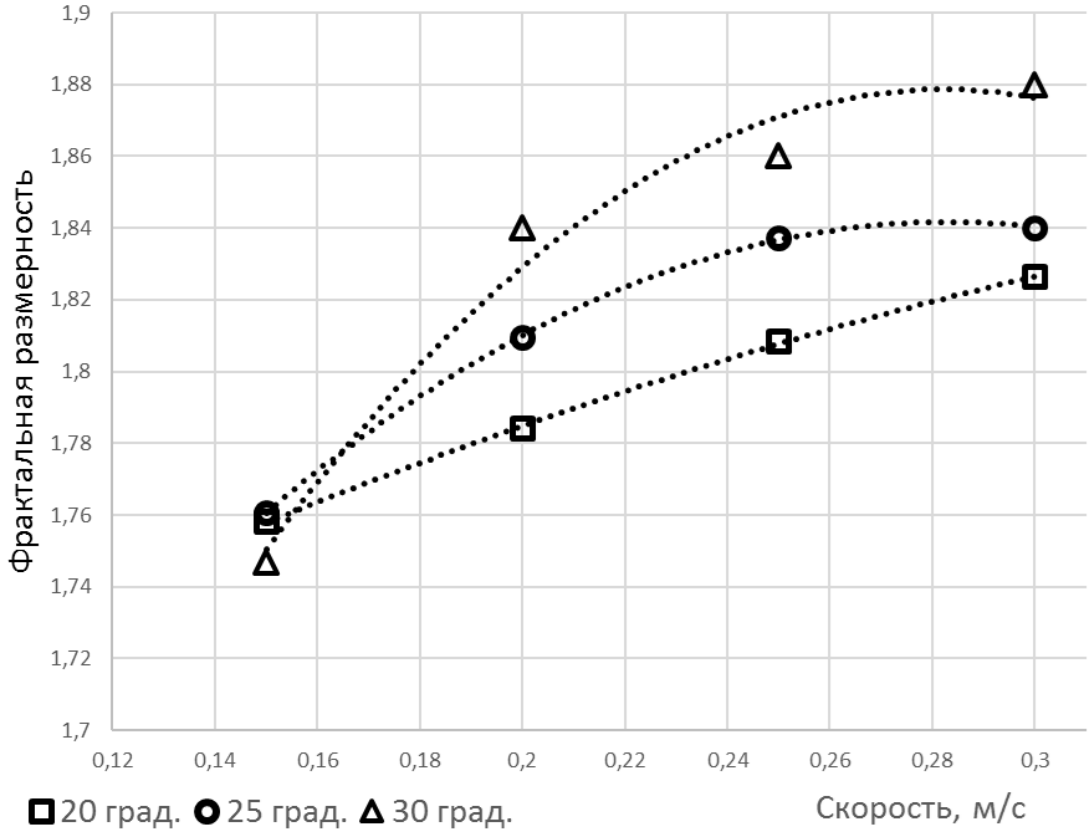


Рисунок 6 - Усредненные фрактальные размерности по срезам грунта

Проведенная оценка равномерности рыхления (рис. 7) показывает, что наиболее равномерное распределение фрактальной размерности, и соответственно разрыхления грунта приходится на скорости 0,2 и 0,25 м/с. С увеличе-

нием скорости дисперсия ожидаемо увеличивается. Требует отдельного объяснения несколько повышенная дисперсия фрактальных размерностей на малой скорости, но для детального объяснения данного явления собрано не достаточно данных.

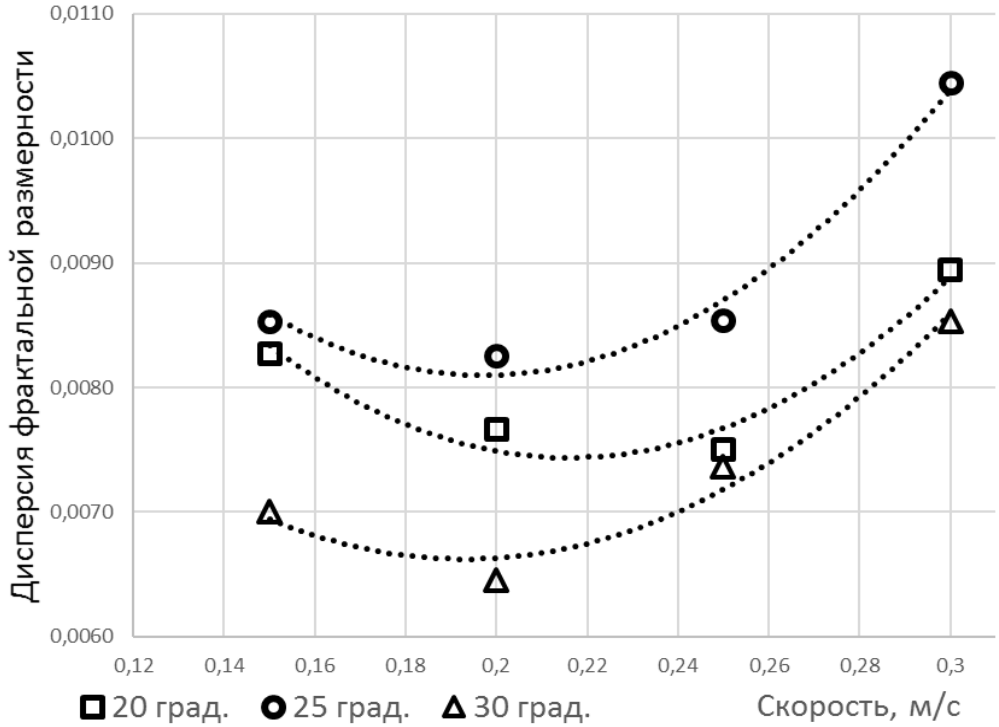


Рисунок 7 - Зависимости дисперсии фрактальных размерностей по срезу грунта для трехстоечных рыхлителей различной конструкции и различных скоростей обработки

Выводы

Наиболее оптимальным является рабочий орган трехстоечного рыхлителя с углом наклона лемеха 30°, при скорости обработки 0,25…0,3 метра в секунду, обеспечивающие высокую равномерность и степень разрыхления грунта.

Список использованных источников

1. Алексеева Ю.С., Снегирева А.В. Глубокая обработка почвы и урожай. Л.: Лениздат, 1984. - 69 с.

2. Арутюнян К.Г. К динамической теории клина, работающего в почвенной среде // Докл. МИИСП, т. III, вып. 1. - М., 1966.

3. Максимова А.А. Мониторинг и прогноз стихийных и техногенных явлений: перспективы создания международной аэрокосмической системы // Авиапанорама. -2009.-№2.-С. 11–16.

4. C. Douketis, Z. Wang, T. L. Haslett, M. Moskovits: Fractal character of cold-deposited silver films determined by low-temperature scanning tunneling microscopy. Physical Review B, Volume 51, Number 16, 15 April 1995, 51

5. Richardson L. The problem of ContiquityZ / General Systems Yearbook.-1961. -N6.-P. 139-187.

6. Heck J. T. Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. Freeman. N.Y. 1971.

УДК 631.62

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ЗАКУСТАРЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

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

Культуртехнические работы по расчистке закустаренных земель включают удаление древесной растительности, утилизацию древесных остатков и первичную обработку почвы. Существующие технологии расчистки земель предусматривают выполнение множества операций, связаны с затратами ручного труда и потерей части гумусового слоя почвы. Потери гумусового слоя снижают плодородие почв, а необходимость утилизации древесины усложняет технологию и повышает стоимость производства работ.

Передовые технологии расчистки вторично закустаренных земель предусматривают обработку кустарника тяжелыми дисковыми орудиями с утилизацией древесных остатков в почве [1]. При высокой производительности процесса разделка древесины дисками осуществляется на отрезки длиной 20…30 см, длительное разложение которых повышает сроки первичного освоения земель до 4...5 лет [2]. По данным К.И. Преображенского интенсивность процесса разложения древесины в почве может быть повышена за счет измельчения древесины на щепу, внесения азотных удобрений, внесения органических удобрений и специальных добавок. В результате время разложения древесины в почве сокращается до 2…3 лет, а урожайность возделываемых культур повышается, начиная со второго года эксплуатации земель [3].

Наиболее эффективным технологическим приемом, отвечающим указанным требованиям и позволяющим совмещать удаление и утилизацию растительности с обработкой почвы, является фрезерование. Многочисленными исследованиями доказана эффективность фрезерования торфяных грунтов. Фрезерные машины серийно выпускались и широко применялись в торфяной промышленности, однако имели низкую производительность и не удовлетворяли требованиям сельского хозяйства. Применение фрезерования на минеральных грунтах сдерживалось повышением в 1,7…2,2 раза энергоемкости процесса [4], и интенсивности износа режущих элементов рабочих органов машин. Фрезерование растительности вместе с почвой дополнительно повышает энергоемкость и интенсивность износа, однако позволяет утилизировать древесные остатки в почве.

Сегодня на рынке предлагаются различные конструкции фрезерных машин, способных выполнять обработку почвы вместе с кустарниковой растительностью. Большой диапазон мощностей тяговых средств расширяет возможности работы таких машин на минеральных почвах, позволяют совмещать срезку, измельчение и заделку кустарниковой растительности в почву. Их применение позволяет усовершенствовать технологию работ, снизить потери растительного слоя, а проведение работ в комплексе с дополнительными мероприятиями – снизить сроки разложения древесины и возвращения земель в сельскохозяйственный оборот.

Целью работы является совершенствование способа фрезерования закустаренных сельскохозяйственных земель с обоснованием технологических и конструктивных параметров фрезерных машин, обеспечивающих снижение энергоемкости процесса, расширение возможностей работы на минеральных грунтах и повышение объема внесения растительности в почву.

Методы исследований включают анализ путей снижения энергоемкости фрезерования с синтезом рациональных параметров средств механизации для совершенствования технологических приемов расчистки закустаренных земель.

Результаты и обсуждение.

Исследования фрезерования как способа обработки почв в нашей стране проводились с начала тридцатых годов прошлого века. К середине пятидесятых годов профессором А.Д. Далиным и его учениками были разработаны научные основы процесса фрезерования почв. Созданные различные конструкции фрез использовались преимущественно при заготовке торфа. С повышением мощности базовых тракторов фрезерные машины начали использоваться в сельском хозяйстве - при обработке целинных земель, измельчении болотной дернины и кочек [5].

В период широкого развития мелиорации М.В. Мурашовым, В.В. Покаместовым, А.Д. Лукьяновым и др. проведены исследования глубокого фрезерования торфяных почв, которые позволили авторам установить значения коэффициентов сопротивления резанию торфа с древесными включениями. Исследования О.Ф. Першиной показали эффективность освоения закустаренных торфяников методом глубокого фрезерования с измельчением почвы вместе с произрастающей кустарниковой растительностью [6]. Проведенные исследования создали основу для разработки технологии фрезерования закустаренных земель, сложенных торфяными почвами.

Обоснование применения фрезерования на минеральных почвах проведено в работе И.И. Коваленко. По результатам исследований автор рекомендует наряду с глубокой обработкой на 0,25 м, комбинированную технологию, включающую фрезерование кустарника вместе с почвой на глубину 0,15 м, последующую вспашку и дискование поверхности поля [7]. Уменьшение слоя фрезерования снижает энергоемкость обработки, однако остатки корневой системы древесной растительности затрудняют вспашку и дискование почвы. В результате область применения комбинированного способа ограничивается минеральными почвами с поверхностным распространением корневой системы кустарниковой растительности.

Большие объемы культуртехнических работ в отмеченный период вызвали необходимость исследований интенсификации процесса срезки древесины и путей утилизации наземной части кустарниковой растительности. Исследования И.И. Марченко позволили обосновать технологические параметры срезания кустарниковой древесины высокоскоростной фрезой и усовершенствовать технологию расчистки закустаренных земель в зимнее время [8]. Последующими исследованиями В.В. Ямщикова обоснована возможность совмещения пригибания и срезки кустарника с подачей древесины в барабан рубильной машины. Совмещение операций позволило измельчать древесину на щепу с использованием ее

в качестве топлива или в промышленном производстве [9]. Проведенные исследования послужили основой для дальнейшего совершенствования технологий.

На основании анализа существующих исследований разработана структурная схема (рис. 1), по которой в зависимости от характеристик кустарниковой растительности определяются способ ее утилизации, обеспечиваются условия для интенсификации процесса разложения древесины в почве и приводятся перспективные технологические приемы расчистки закустаренных земель. В зависимости от почвенных условий и характеристик кустарниковой растительности расчистка закустаренных земель выполняется совмещенным и раздельным приемами.

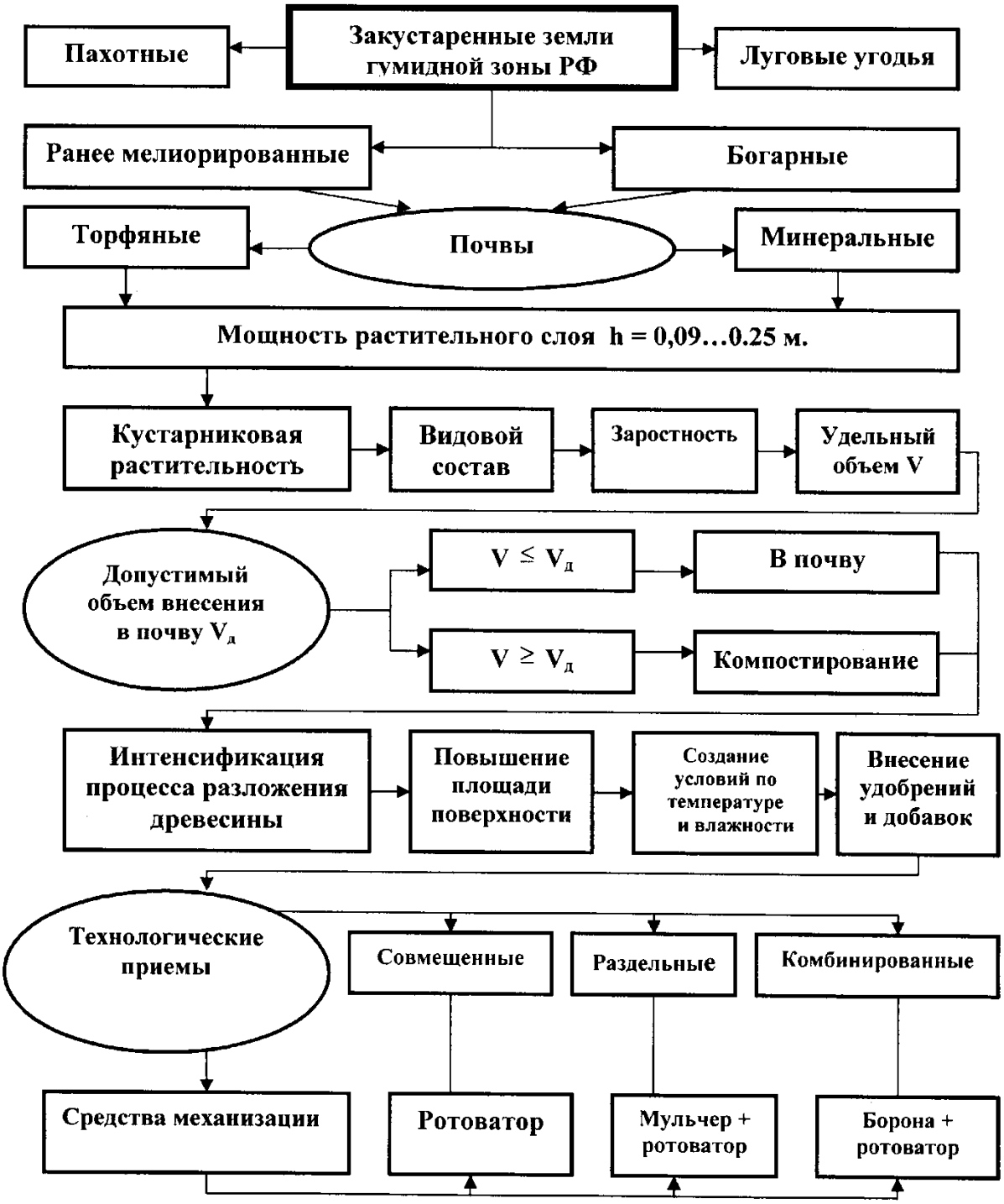


Рисунок 1 - Структурная схема расчистки закустаренных земель

Совмещенный прием предусматривает глубокое фрезерование растительности вместе с почвой. В качестве ведущих машин здесь используются фрезерные машины, называемые в литературе ротоваторами. Раздельный прием предусматривает измельчение вначале наземной части, а затем фрезерование корневой части растительности. Измельчение наземной части осуществляется мульчерами, а фрезерование корневой части вместе с измельченной древесной массой и почвой - ротоваторами.

Для расширения технологических возможностей предложен комбинированный прием расчистки земель, включающий обработку поля за один проход тяжелой дисковой бороной и последующее фрезерование частично измельченной древесной массы вместе с почвой ротоватором. Такая комбинация обеспечивает конкуренцию раздельному приему и позволяет расширить технологические возможности расчистки земель [1].

По результатам патентных исследований предложен новый способ обработки закустаренных полей [10]. Предлагаемый способ предусматривает фрезерование кустарника по ширине ходовой части тракторного агрегата. При этом используется естественное пригибание кустарника в просвете ходовой части и обжатие его гусеницами при проходе машины по заросшему полю.

Устройство для осуществления предлагаемого способа (рис. 2) включает базовый трактор 1, раму 2, переднюю секцию, состоящую их двух режущих барабанов 3 и промежуточного барабана 4 меньшего диаметра. На противорежущем ноже 5 передней секции смонтирован шнек 6 с двумя ветвями с правым и левым направлением спиралей. Относительно плоскостей внутренних торцов режущих барабанов 3 установлены щелерезы 7 с загрузочными бункерами 8. Приемные части 9 бункеров совмещены с разгрузочными торцами правой и левой ветвей шнека 6. Задняя секция режущего барабана 10 вместе с противорежущим ножом 11 уширена в обе стороны на ширину щелерезов 7. Привод режущих барабанов и шнека осуществляется от вала отбора мощности трактора через раздаточные редукторы 12, установленные на раме 2.

Предлагаемый способ освоения закустаренных полей (рис. 3) осуществляется следующим образом. При проходе по заросшему полю происходит пригибание кустарника по полосе 13 между ходовой частью и пригибание с обжатием - по полосам 14 ходовой части трактора. Обжатый по полосам 14 кустарник фрезеруется ножевыми барабанами 3 вместе с почвой на глубину корневой системы растений. Относительно внутренних краев фрезерованных полос 14 щелерезами 7 нарезают щели 15. Одновременно с фрезерованием полос 14 пригнутый по полосе 13 кустарник измельчают промежуточным барабаном 4 вместе с верхним слоем почвы.

После измельчения древесная масса отбрасывается промежуточным барабаном 4 в зону работы шнека 6. Далее рабочими ветвями шнека 6 измельченная масса подается в бункеры 8 и заполняет полости щелей 15. В заключение ножевым барабаном 10 задней секции проводится фрезерование почвы на полосе 13 вместе с корневой частью кустарника и верхней части щелей 15. Обработку площади заросшего поля проводят параллельными проходами машины.

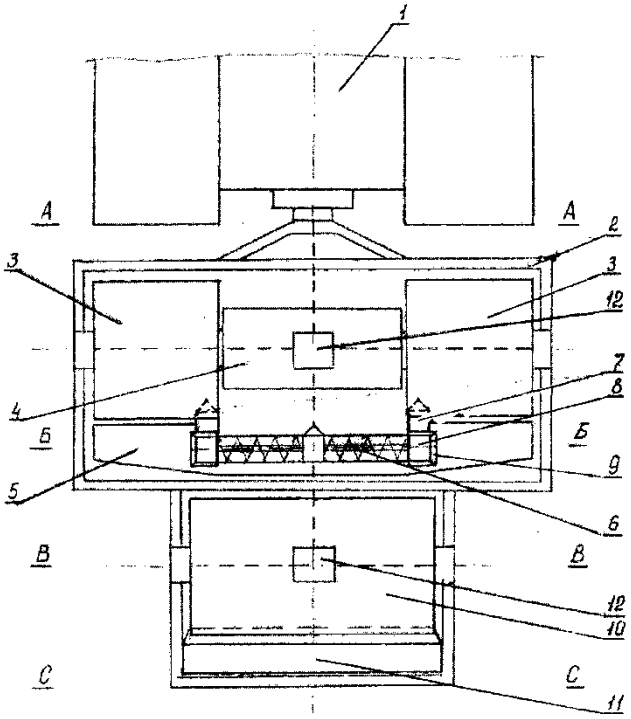


Рисунок 2 - Устройство для осуществления предлагаемого способа

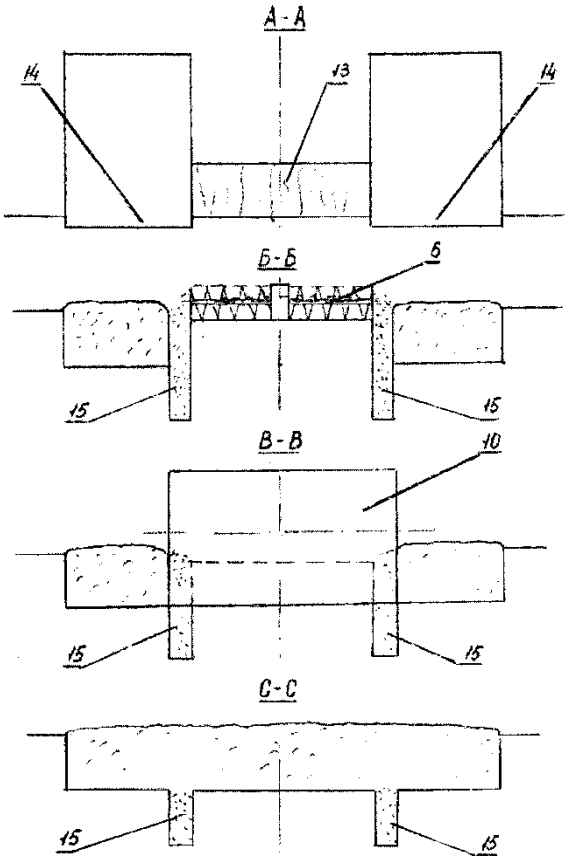


Рисунок 3 - Разрезы, поясняющие последовательность осуществления предлагаемого способа: А-А – после прохода гусениц ходовой части, Б-Б по шнеку, после прохода передней секции барабана, В-В – после прохода задней секции барабана

Использование естественного обжатия и пригибания кустарниковой растительности ходовой частью тракторного агрегата позволяет снизить энергоемкость процесса. Устройство щелей по полосам глубокого фрезерования снижает тяговые сопротивления процесса их прокладки, а заполнение щелей измельченной массой повышает объем внесения измельченной древесины в почву.

Применение данного способа позволяет создать регулирующую сеть, обеспечивающую поддержание постоянной влажности в пахотном горизонте, обеспечить ускорение процесса разложения древесных остатков в почве и снизить срок возвращения земель в сельскохозяйственный оборот.

Список использованных источников

1. Бедретдинов, Г.Х Технологии расчистки земель с утилизацией растительности в почве. / Г.Х Бедретдинов//. Основные результаты научных исследований института за 2017 г. Сборник научных трудов – М.: Изд. ВНИИГиМ с 12-23.
2. Кизяев, Б.М. Культуртехнические мелиорации /Б.М.Кизяев, З.М.Маммаев//. – М: «Ассоциация Экост». - 2003- С 399.
3. Преображенский, К.И. Биологическая утилизация древесины на мелиорируемых землях / К.И. Преображенский//. – М: Росагропромиздат, -1988. – С 31.
4. Лукьянов, А.Д. Способы освоения закустаренных земель / А.Д. Лукьянов, В.К.Пятковский // - М.: Колос, 1979 – 96 с.
5. Далин, А.Д. Ротационные грунтообрабатывающие и землеройные машины / А.Д.Далин, П.В.Павлов// - М.: Машгиз 1950 – 258 с.
6. Першина О.Ф. Исследование процесса глубокого фрезерования закустаренных земель при их сельскохозяйственном освоении. Дисс. канд. техн. наук. Москва 1971. –50с.
7. Коваленко, И.И. Исследование и разработка эффективных технологий производства культуртехнических работ на минеральных землях Украинского Полесья. Дисс. канд. техн. наук. Киев 1980 - 161 с.
8. Марченко, И.И. Исследование технологии освоения закустаренных земель в зимнее время. Дисс. канд. техн. наук. Москва 1977 – 175 с.
9. Ямщиков, В.В. Технология и организация освоения закустаренных земель с измельчением древесины на щепу. Дисс. канд. техн. наук. Москва 1989 -210 с.
10. Пат. 2682757 Российская Федерация, (51)МПК A 01 B 79/00 , A 01 B 49/02. Способ обработки закустаренных полей и устройство для его осуществления. / Бедретдинов Г.Х. // заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» – заявка №2018128758; заявл.07.08.2018; опубл.21.03.2019, Бюл. №2.

УДК 631.311.5

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МОБИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА НА МЕЛКОКОНТУРНЫХ УЧАСТКАХ

Г.А. Булаева, В.Н. Буравцев
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

В период широкомасштабных мелиоративных работ в XX веке строительство закрытого горизонтального дренажа в мире выполнялось на сотнях тысяч гектаров. Такие большие объемы строительства было невозможно осуществлять

без поддержки государства. Поэтому, в нашей стране работы проводились целиком за счет государственных средств, а в развитых странах Западной Европы и Америки при значительной доле государственного субсидирования.

Для выполнения работ в нашей стране создавались крупные специализированные государственные строительными предприятиями, а на западе привлекались столь же крупные частные подрядные фирмы. Для укладки дрен эти организации использовали специализированные самоходные траншейные и бестраншейные дреноукладчики на гусеничных шасси, серийное производство которых было налажено как в нашей стране, так и за рубежом. Применение таких машин на крупных, сосредоточенных по площадям объектах было экономически выгодным, тем более что создание в 1960-х годах конструкций дрен из гибких пластмассовых труб и синтетических фильтров, а затем автоматизированных систем управления (САУ) позволяло значительно повысить производительность труда при укладке дренажа.

В кризисный период государственное финансирование мелиорации в РФ упало в разы, что привело к практически полному прекращению работ по реконструкции и тем более, по строительству новых дренажных сетей. Без поддержки государства новые землепользователи были не в состоянии заказывать работы, требующие значительных вложений и специальной техники. В отсутствии заказов прекратили существование большинство государственных специализированных мелиоративных строительных предприятий, ранее осуществлявшие эти работы. Основные заводы, по выпуску дреноукладчиков оказались за пределами РФ, и перешли на выпуск другой продукции. В результате сегодня в стране практически нет предприятий и машин для восстановления сети внутрихозяйственного дренажа, которая, по некоторым данным, находится в работоспособном состоянии только на 20% мелиорированных площадей.

В западных странах, США и Канаде за последние тридцать лет также сократились объемы работ по строительству дренажа. Это связано с завершением к 2000 году мелиоративных работ на большей части сельскохозяйственных площадей. Сегодня ведутся работы только по плановой реконструкции отдельных участков внутрихозяйственной сети, или строительству небольших дренажных систем на мелких участках фермерских хозяйств. Работы на рассредоточенных объектах требуют частых перебазировок, снижают загрузку машин и резко повышают затраты крупных подрядных фирм. В результате фермеры стремятся самостоятельно реконструировать или строить дренаж на своих участках [1].

Для реконструкции и строительства дренажа на рассредоточенных участках малой площади потребовалась разработка новых средств механизации. Основные требования к ним, наряду с высокой производительностью (не менее самоходных машин), это мобильность, простота конструкции, малый вес, а также универсальность. Под универсальностью подразумевается возможность использования базовых машин на других видах работ. Этим требованиям может удовлетворять прицепное или навесное дреноукладочное оборудование к сельскохозяйственным или общестроительным, как правило колесным, тракторам.

Так, в середине 1990-х годов в нашей стране было разработано навесное оборудование для укладки пластмассовых дрен к серийно выпускаемому общестроительному узкотраншейному экскаватору ЭТЦ-165А на базе колесного трактора МТЗ-82 (рис. 1а).

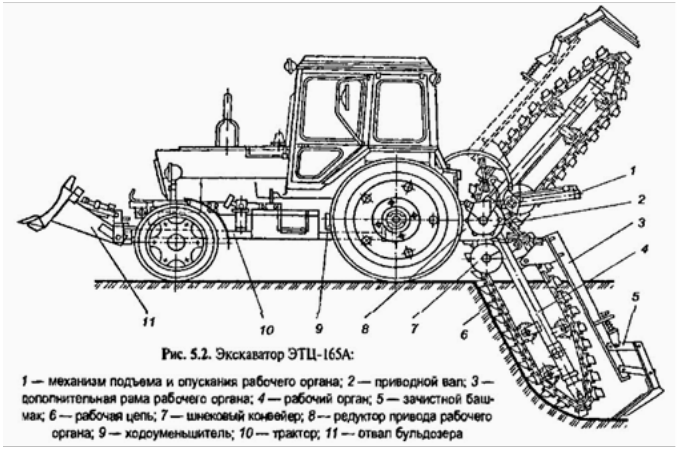


Рис. 5.2. Экскаватор ЭТЦ-165А:
1 — механизм подъема и опускания рабочего органа; *2* — приводной вал; *3* — дополнительная рама рабочего органа; *4* — рабочий орган; *5* — зачистной башмак; *6* — рабочая цепь; *7* — шнековый конвейер; *8* — редуктор привода рабочего органа; *9* — ходоуменьшитель; *10* — трактор; *11* — отвал бульдозера

Рисунок 1- Схема экскаватора ЭТЦ-165А (а); Навесной дреноукладчик на ЭТЦ-165А (б)

Рабочие скорости экскаватора - 20– 150 м/час, транспортные - 1,89-33,9 км/час. Цепной рабочий орган машины, имеющий маятниковую навеску на тракторе, оборудуется сменными скребками для рытья траншей шириной 0,2, 0,27 и 0,4 м. в грунтах I – III категорий при глубине укладки до 1,7 м. Привод рабочего органа осуществляется от вала отбора мощности трактора через редуктор, обеспечивая рабочие скорости цепи - 0,65; 1,19; 1,22; 2,21 м/с. На раме рабочего органа закреплено устройство для зачистки дна траншеи и установлен шнековый конвейер для перемещения грунта на бровки траншеи. Машина оборудована поворотным бульдозерным отвалом, что позволяет выполнять обратную засыпку траншеи. Дреноукладочное оборудование (рис. 1б) состоит из трубчатого желоба для укладки пластмассовых труб, системы управления глубиной укладки и выдерживания уклона дрен, а также бухтодержателя дренажных труб. Скорость укладки дренажа до 190 м/час в суглинистых и до 350 м/час в торфяных грунтах.

При исследованиях технологии укладки дрен с применением ЭТЦ-165А в сравнении с самоходными дернокладчиками получены зависимости эффективности строительства дренажа от размеров строительного участка и затрат на перебазировку техники, а также определены минимальные эффективные размеры строительных объектов дренажа [2]. Установлено, что затраты на перебазировку дреноукладчиков выражаются параболической зависимостью и значительно возрастают с уменьшением площади строительного участка (рис. 2, 3). Минимальная площадь для работы гусеничного бестраншейного дреноукладчика МД-12 составляет 25 га, а траншейного дреноукладчика ЭТЦ-2011 - 10 га. Затраты на перебазировку дреноукладчиков ЭТЦ-2011 и МД-12 при площади осушаемого участка 10 га превышают затраты на перебазировку мобильного дреноукладчика на базе ЭТЦ-165А соответственно в 9 и 42,5 раза.

Экономический эффект от применения этих машин с учетом перебазировок (рис.2 **Э**) существенно зависит от площади строительного участка. При использовании дреноукладчика на базе ЭТЦ-165А он становится положительным при площади участка 0,5 га, дреноукладчика ЭТЦ-2011 - при площади 4.4 га, а дреноукладчика МД-12 - при площади 8.8 га.

Таким образом, дреноукладочное оборудованием на базе мобильного экскаватора ЭТЦ-165А по техническим характеристикам и эффективности соответствует требованиям к машинам, предназначенным для работы на сравнительно небольших площадях фермерских хозяйств.

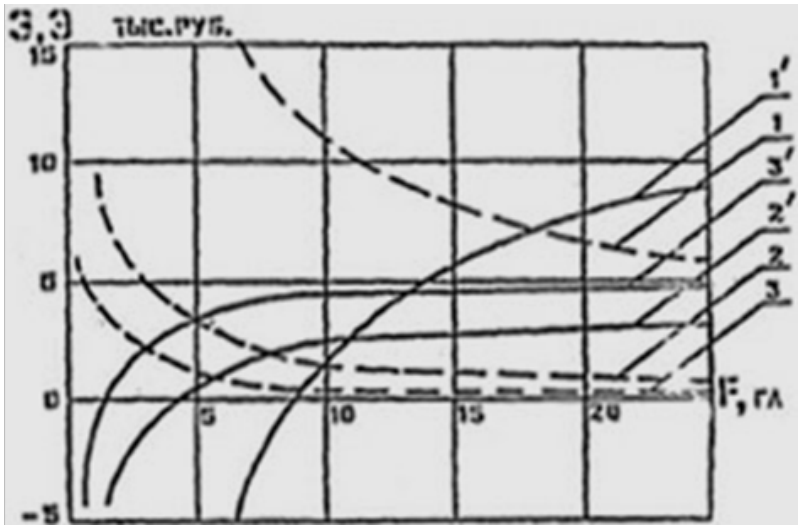


Рисунок 2 - **1, 2, 3** – затраты на перебазировку МД-12, ЭТЦ- 2011, ЭТЦ-165А. **1^1, 2^1, 3^1** – экономический эффект МД-12, ЭТЦ- 2011, ЭТЦ-165А (в ценах 1990 г.)

Однако, исследованиями, проведенными в Нидерландах, по обобщению опыта узкотраншейного и бестраншейного способов строительства дренажа в странах Западной Европы (рис. 3), было установлено, что при глубинах укладки менее 1,0 м в тяжелых и менее 1,5 м в легких грунтах, стоимость бестраншейной укладки погонного метра дренажа, меньше стоимости узкотраншейной укладки [3].

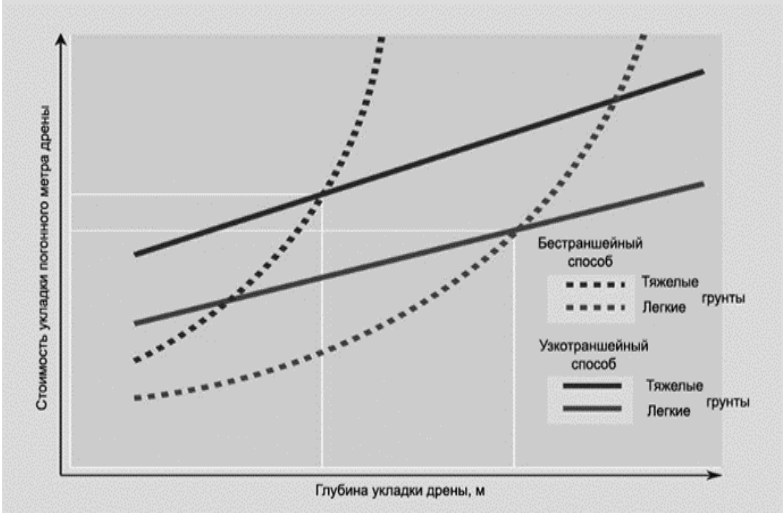


Рисунок 3 - Зависимости роста стоимости от глубины укладки дрены: пропорциональная зависимость – узкотраншейный способ, квадратичная зависимость – бестраншейный способ

Аналогичные данные были получены более поздними исследованиями, направленными на выбор перспективных типов машин для восстановления дренажа на осушаемых землях [4]. Установлено, что при укладке дренажа на равных площадях в идентичных грунтовых условиях, требуемое количество бестраншейных машин будет в 1,5 раза меньше узкотраншейных и в 1,7 раза меньше траншейных машин. Применение навесных или прицепных машин на базе сельскохозяйственных тракторов снижает годовые капитальные затраты (по суммарной стоимости машин) в 2 раза. Сравнительно низкие цены прицепных и навесных бестраншейных

машин обеспечивает их преимущество при работе в средних грунтах, и конкуренцию с узкотраншейными машинами - при работе в легких грунтах.

С 1990-х годов в США и Канаде начался выпуск сравнительно дешевого навесного и прицепного оборудования для бестраншейного строительства - дренажных плугов (Drainage Plows) [1]. Применение такого оборудования, наряду с простотой конструкции и дешевизной, был обусловлено еще двумя факторами. Первый - значительный рост мощности и веса сельскохозяйственных колесных или гусеничных тракторов, которые применяют фермеры, и могут использоваться для бестраншейной укладки дренажа в наиболее удобные сроки. Второй – это налаженное производство сравнительно дешевых САУ на основе применения лазерных или GPS систем. Например, оборудование и система программ Trimble WM-Drain [5] позволяет фермеру самостоятельно запроектировать и построить дренаж, не прибегая к услугам подрядчиков. Геодезическая съемка поверхности участка обеспечивается многофункциональным дисплеем FmX или геодезической системой WM-Topo. Программное обеспечение Farm Works Surface позволяет запроектировать и проверить перед строительством всю систему дренажа в 3-х мерном виде. При укладке дрен используется модуль WM-Drain на дисплее FmX, а также технология 3-х мерного управления машинами компании Trimble, позволяющие автоматизировать процесс укладки, одновременно получая фактическую исполнительную документацию дренажной системы.

Характерно, что именно фермеры в зонах осушения США и Канады были первыми, кто создал фирмы по производству навесного или прицепного бестраншейного оборудования, первоначально разработав его для дренирования своих земель. Сегодня основными производителями являются канадские фирмы Link MFG, Soil-Max Inc, Baumalight MTB MFG Inc, и американские Crary Agricultural Solutions LLC, Johnson Drainage Plows и O'Connell Farm Drainage Plows [1].

Конструкции оборудования, выпускаемого этими производителями, и его технические характеристики во многом идентичны. Пассивные землеройные рабочие органы изготавливаются в виде вертикальных ножей (рис. 5-15), имеющих в нижней зоне уширенный клин с плоской передней режущей кромкой, который обеспечивает скол/сдвиг грунта вверх для образования полости под дрену. Угол резания клина - 25°-35°. Стойка ножа выше клина, в зоне уже разрушенного клином грунта делаются значительно уже его (40 – 60 мм) и имеет заостренную режущую кромку с углом заострения 60° и резания 60°-90°. Для предотвращения уплотнения и потери водопроницаемости грунта в придренной зоне на плоской режущей кромке клина устанавливаются сменные износостойкие уширенные накладки. Ширина накладок в зависимости от максимальной глубины укладки дрены и ее диаметра может быть 150 – 300 мм и, как правило, несколько больше ширины сменных укладчиков-желобов, которые навешиваются сзади ножа для укладки пластмассовых дренажных труб диаметром от 100 до 250 мм. Для эффективной работы в различных по трассе дрены грунтовых условиях базовые трактора предпочтительно должны иметь бесступенчатые гидравлические или гидромеханические трансмиссии, обеспечивающие оптимальное соотношение тягового усилия и рабочих скоростей в пределах от 0 до 5000 м/час.

Рекомендуемые мощности колесных базовых тракторов от 250 до 400 л. с. а гусеничных - от 200 до 300 л.с. При этом все производители отмечают, что не столько мощность, как вес базового трактора и сцепные качества его движителя, определяют величину тягового усилия, необходимого для укладки дрены. Фирма Soil-Max Inc приводит следующие зависимости максимальной глубины укладки дрен диаметром 100 мм в средних грунтовых условиях от веса базового трактора (рис.4)

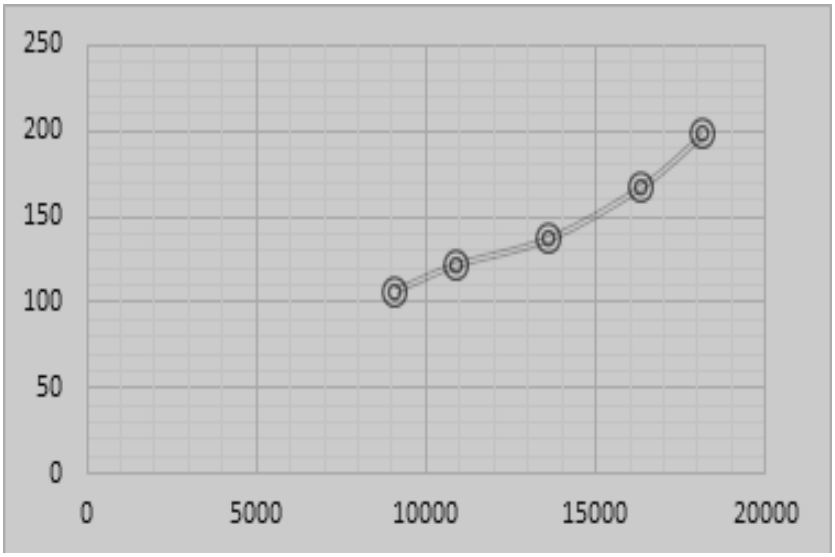


Рисунок 4 - Зависимость максимальной глубины укладки дрены (см) от веса базового трактора (кг)

Для агрегатирования навесного оборудования на базовом тракторе может использоваться как трехточечная стандартная навесная система трактора, так и дополнительные, быстро монтируемые на ней приспособления. Конструкция рам, несущих рабочий орган, может выполнятся в виде одинарной балки, двух балочного одинарного или четырех балочного двойного параллелограмма.

Навесное оборудование с конструкцией рамы навески рабочего органа в виде одинарной балки (3 PT Plow) выпускается фирмами O'Connell Farm Drainage Plows (рис. 5), Johnson Drainage Plows (рис. 6), и Soil-Max Gold Digger (рис. 7).

Рисунок 5 - O'Connell Farm Drainage Plow (поворотное устройство)

Рисунок 6 - Johnson Drainage Plow (3-х точечная навеска)

Навесные оборудования Johnson Drainage Plows и Soil-Max Gold Digger, монтируется прямо на стандартных трехточечных навесных устройствах тракторов. У навесного оборудования O'ConnellFarm Drainage используется дополнительное устройство, позволяющее ему в процессе укладки дрены поворачиваться относительно базового трактора в горизонтальной плоскости. У навесного оборудования Baumalight MTB MFG Inc. (рис. 8) и Crary Agricultural (рис. 9) рама

навески рабочего органа выполнена в виде одинарного параллелограмма, в верхней балке которого встроен дополнительный гидроцилиндр для управления углом резания стойки ножа, а у оборудования Link MFG (рис. 10) конструкция рамы, несущей рабочий орган, выполнена в виде двойного параллелограмма.

Рисунок - 7 Soil-Max Gold Digger
(3-х точечная навеска)

Рисунок - 8 Baumalight Undertow
(поворотный параллелограмм)

Эти рамы навески также имеют возможность поворота оборудования в горизонтальной плоскости относительно трактора.

Рисунок 9 - Crary Agricultural
(поворотный параллелограмм)

Рисунок 10 - Link MFG
(двойной поворотный параллелограмм)

Прицепное оборудование (Pull Type Plow) агрегатируется с базовым трактором с помощью его фаркопа. Конструкция рам, несущих рабочий орган, выполнятся в виде одинарного параллелограмма на специальном шасси с балансирными двухколесными тележками или в виде одинарной балки, имющей для опоры на грунт дополнительную раму на двух или четырех колесах. Оборудование фирмы Johnson Drainage Plows имеет шасси (рис. 11), остальные - O'Connell Farm Drainage Plows (рис. 12), Soil-Max Gold Digger (рис. 13), Baumalight MTB MFG Inc. (рис. 14) и Liebrecht Family of Drainage Products (рис. 15) – одинарную балку на колесах.

Рисунок 11 - Johnson Drainage Plow (параллелограмм на шасси)

Рисунок 12 - O'Connell Farm Drainage Plow (балка на 2-хколесах)

Рисунок 13 - Soil-Max Gold Digger (балка на 4-х колесах)

Рисунок 14 -Baumalight Undertow (балка на 2-х колесах)

Рисунок 15 - Liebrecht (балка на 4-х колесах)

Максимальная глубина укладки дрен в зависимости от типаразмера оборудования может изменяться в пределах1,0 - 2,0 м. Управление уклоном дрены осуществляется изменением угла наклона всей стойки ножа относительно несущей его рамы с помощью гидроцилиндра, встроенного в верхнюю балку параллелограмма или расположенного между стойкой рабочего органа и одинарной балкой навески или прицепа. При этом отклонение задней части нижней плоскости клина от горизонтали вниз ведет к выглублению ножа, а вверх – к заглублению. Исходя из этого, на нижней плоскости клина также устанавливаются сменные износостойкие накладки. Питание гидроцилиндров управления уклоном дрены и перевода оборудования в транспортное положения осуществляется от гидросистемы трактора. Аналогично осуществляется электропитание САУ.

Вес навесного оборудования от 1,5 до 2,0 т, а прицепного до 3,0 т. В целях снижения веса и увеличения прочности оборудования пассивные рабочие

органы, а также конструктивные элементы их агрегатирования с базовым трактором изготавливаются из высокопрочных сталей, например, из износоустойчивой стали AR400, конструкционной стали 50 или инструментальной стали Т1.

Стоимость бестраншейного навесного и прицепного оборудования в США и Канаде в зависимости от типоразмеров, технических характеристик и комплектации находится в диапазоне 10 – 70 тысяч долларов США, что минимум в 10 раз меньше стоимости самоходных траншейных и бестраншейных гусеничных машин. Проведенный нами анализ цен самоходных машин на западных вторичных рынках показал, что они не опускаются ниже 250 тыс. дол. США для машин, бывших в эксплуатации с начала 2000 х гг. и 450 тыс. дол. США – для бывших в эксплуатации с начала 2010 гг. К этому можно добавить, что сегодня ведущими мировыми производителями новые самоходные машины не выпускаются серийно, а изготовляются только под заказ для отдельных крупных проектов в развивающихся странах Азии и Африки.

Подводя итоги вышеизложенноу, можно константировать следующее.

Наиболее быстрым и реальным путем получения средств механизации для реконструкции сети закрытого дренажа на разрозненых участках осушаемых землях в нашей стране на первых этапах является налаживание производства дешевого навесного оборудования для укладки дрен на базе серийно выпускаемых скребково-цепных экскаваторов типа ЭТЦ-165А.

Однако далее, учитывая мировой опыт, наиболее перспективным является создание более производительного и простого навесного и прицепного отечественного бестраншейного оборудования к сельскохозяйственным или общестроительным тракторам. При этом должент быть учтены, как отечественные, так зарубежные наработки по конструкциям пассивных рабочих органов и конструктивным решениям их агрегатирования с базовыми тракторами.

Список использованных источников

1. Буравцев В.Н. Опыт строительства дренажа бестраншейным способом. / Буравцев В.Н. // Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК (Костяковские чтения). Материалы международной научно-практической конференции 5.-.6 октября 2017 года. - Изд. ВНИИГиМ. 2017. – С. 337-348

2. Мартынова Н.Б. Технология строительства закрытого дренажа мобильными узкотраншейными дернокладчиками на мелкоконтурных участках. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва 1996 –С.8-11

3. Subsurface Drainage Practices - Guidelines for the implementation, operation, and maintenance of subsurface pipe drainage systems, H.J. Nijland, F.W. Croon and H.P. Ritzema. Alterra: Wageningen, 2005 (ILRIPublication 60).

4. Бедретдинов Г.Х., Восстановление работоспособности дренажной сети в Нечерноземной зоне РФ. / Бедретдинов Г.Х., Булаева Г.А. // Материалы международной научно-практической конференции «Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны РФ», Изд. ВНИИГиМ. 2019. –С. 119-125

5. Сайт agriculture.trimble.com (дата обращения 20.08.2019)

УДК 622.235

ВЗРЫВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ЖИДКИХ ВЗРЫВЧАТЫХ РАСТВОРОВ

А.А. Добрынин
Современная научно-технологическая академия АНО ДПО «СНТА», г. Москва, Россия

В настоящее время в мире наблюдается повышение интереса к вопросам исследований и практического внедрения в промышленность жидких взрывчатых растворов (ЖВР), в основном, образованных из невзрывчатых компонентов, что открывает перспективу внедрения новых взрывных технологий, в том числе, в мелиоративном и водохозяйственном строительстве.

В 2015 г. компания «Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg» (Берлин), являющаяся частью международной издательской компании «Springer Science + Business Media», специализирующейся на издании академических журналов и книг по естественно-научным направлениям выпустило книгу «Liquid Explosives», написанную китайским ученым Jiping Liu, в которой приведены результаты исследований ЖВР проведенных в разных странах мира [1].

В сентябре 2017 г. на конференции «Европейской ассоциации инженеров взрывников» в Стокгольме австралийские ученые, уже много лет проводящие исследования ЖВР на основе пероксида водорода, представили свой очередной доклад о результатах работы проделанной в последние годы – «Detonation performance of novel hydrogen peroxide and nitrate based hybrid explosives» [2].

В России, в 2013 г., в условиях горнолыжного центра «Роза Хутор» был испытан и допущен Ростехнадзором к применению французский противолавинный комплекс, в котором для изготовления зарядов взрывчатых веществ (ВВ) применяется ЖВР, приготавливаемый на месте путем смешения двух компонентов - на основе нитрометана и этилендиамина в соотношении 93:7. Данная разработка компании «Lacroix Ruggieri» уже успешно внедрена во многих странах мира, среди которых: Франция, Швейцария, Канада, США, Чили.

В 2017 г. компания ООО ПКФ «Стимул», после проведения многолетних исследований и промышленных испытаний, получила от Ростехнадзора разрешение на постоянное применение ЖВР «Анилиты», которые изготавливаются на месте их применения из невзрывоопасных компонентов: диазота тетраоксида и жидких нефтепродуктов [3].

В 2018 г. АО «ОХК «УРАЛХИМ» разработан ЖВР «Экслид» на основе азотной кислоты и получены первые экспериментальные результаты [4]. Принципиальная возможность изготовления ВВ на основе азотной кислоты была доказана в работах ученых в XX веке [5].

Взрывчатые и физико-химические характеристики ЖВР «Анилиты» и «Экслид», а также ВВ «Аммонит № 6 ЖВ» по ГОСТ 21984-76 (для сравнения), которое является эталоном для промышленных ВВ в России, приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Взрывчатые и физико-химические характеристики ВВ

Характеристики	Аммонит № 6ЖВ	Анилиты	Экслид
Плотность ВВ, г/см^3	1-1,2	1,28-1,3	1,35
Бризантность, мм	14-15	32	-
Фугасность, см^3	365-370	495	-
Передача детонации между патронами диаметром 32 мм, см	≥ 5	≥ 5	14
Кислородный баланс, %	-0,53	0	0
Теплота взрыва, кДж/кг	4312	6280	5280
Удельный объем газов, л/кг	895	750	760
Скорость детонации, км/с	3,6-4,8	6,5-6,7	6,6
Критический диаметр детонации открытого заряда, мм	10-13	1	2
Чувствительность к удару по ГОСТ 4545-80, нижний предел, мм	400	400	-
Чувствительность к трению, кгс/см^2	2335	6000	-

Интерес к ЖВР, которые изготавливаются путем растворения друг в друге исходных компонентов, в результате чего достигается практически идеальное смешение веществ на молекулярном уровне, вызван следующими их преимуществами по сравнению с ВВ заводского изготовления:

- не сложная технология изготовления, что допускает возможность оперативно производить ВВ на местах их применения;
- высокие энергетические характеристики, значительно превосходящие характеристики многих современных промышленных ВВ;
- большая плотность получаемых ВВ;
- инициирование ЖВР возможно без применения опасных в обращении средств инициирования заводского изготовления [6-8], в состав которых входят инициирующие ВВ и/или ВВ, близкие к ним по чувствительности;
- не требуются специальные склады для хранения взрывчатых материалов (ВМ);
- снижается уровень безопасности погрузочно-разгрузочных операций и затрат на их организацию и выполнение;
- не требуется вооруженная охрана для сопровождения ВМ (для заводских ВМ вооруженная охрана необходима на всех этапах их транспортировки и обращения, начиная с химического завода до склада ВМ удаленного предприятия и объекта производства взрывных работ);
- упрощаются требования по перевозке груза, так как он не является взрывчатыми для него не нужен специальный транспорт; при этом отказ от перевозок ВМ существенно повышает защищенность общества (в связи с возможной аварией с последующим несанкционированным взрывом ВМ, террористической угрозой из-за возможной кражи готовых ВМ, диверсии и т. п.) на любом из этапов обращения ВМ;

- возможность изготовления ЖВР из невзрывчатых компонентов в полевых условиях открывает перспективу оперативного решения производственных задач на удаленных и разбросанных объектах, где могут быть востребованы взрывные технологии, например, дробление выходящего на поверхность в небольших объемах скального грунта, отдельных камней, валунов, ликвидация оползней и заторов на реках, дноуглубительные работы, очистка каналов от заиливания и др.;

- обладающие хорошей бризантностью ЖВР могут быть использованы при демонтаже металлических и железобетонных конструкций, разделке техники и оборудования, независимо от качества и толщины стали или чугуна.

Данный класс ВВ интересен еще и с точки зрения развития и внедрения в промышленность перспективных технологий с элементами роботизации, так как жидкие ВВ, обладая хорошей текучестью, способны самотеком заполнять оболочки под заряды практически любой заданной формы. По мнению автора, именно в этом направлении рекомендуется дальше двигаться, т.к. жидкие ВВ и компоненты, из которых они изготавливаются, особенно окислители, в основном, токсичны, поэтому необходима разработка такого технологического процесса, при котором контакт человека с жидкими ВВ следует полностью исключить или свести к минимуму. При современном уровне развития науки и техники это вполне осуществимо.

ЖВР могут быть растворами гомогенными, состоящими из молекул, атомов или ионов, а такая близость компонентов в составе ВВ при их стехиометрическом соотношении обеспечивает сравнительно чистые продукты взрыва. Промышленные ВВ других классов (гранулированные, порошкообразные, эмульсионные) в большинстве случаев, не могут гарантированно обеспечить такой результат, т.к. контакт между молекулами окислителя, горючего и других компонентов в их составах не такой близкий как в ЖВР.

По степени опасности при обращении, представленные в таблице ЖВР, не классифицируется по Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 028/2012 «О безопасности взрывчатых веществ и изделий на их основе», Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила безопасности при взрывных работах» и Европейскому соглашению о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ), так как готовые ЖВР или изделия на их основе изготавливаются только на местах их применения и не допускаются к хранению и транспортировке.

Высокая эффективность ЖВР и простота их изготовления в полевых условиях создают предпосылки для применения данных ВВ в мелиоративном и водохозяйственном строительстве. Изготавливать и использовать их, как удобный, подручный инструмент для оперативного проведения работ, вполне могут специалисты-мелиораторы. При этом дополнительных технических знаний не требуется.

Список использованных источников

1. Jiping Liu, Liquid Explosives. College of Materials Science and Engineering Beijing Institute of Technology, Beijing, China. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015. - 344 p.
2. Fullelove, M. Araos& I. Onederra. Detonation performance of novel hydrogen peroxide and nitrate based hybrid explosives/ Ninth EFEE World Conference on Explosives and Blasting. Stockholm Conference Proceedings 2017, R. Holmberg et al European Federation of Explosives Engineers, ISBN 978-0-9550290-5-9
3. Добрынин А.А., Абдулгаджиев А.М., Добрынин И.А. Анилиты: результаты промышленных испытаний // Горение и взрыв, 2017. Т. 10. № 4. С. 92-95.
4. Генкин М.В., Розаренова Т.В., Добрынин А.А., Лавров В.В. Савченко А.В. Жидкое взрывчатое вещество «Экслид» // Горение и взрыв, 2018. Т. 11. № 4. С. 125-129.
5. Курбангалина Р.Х. О детонационной способности жидких взрывчатых смесей на основе азотной кислоты // Журнал прикладной химии. 1959. Т. XXXII. Вып. 7. с. 14.
6. Зотов Е.В. Электроискровое инициирование жидких взрывчатых веществ. – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2004. – 295 с.
7. Добрынин А.А. Опыт применения безопасного инициатора жидких ВВ на взрывных работах внутри действующих ГЭС. Международная конференция «Ударные волны в конденсированных средах». Тезисы к докладам. Новгород, 2010. - с. 121-124.
8. Патент РФ № 2471144 / Безопасное устройство для электрического инициирования жидких взрывчатых веществ / Добрынин А.А., Добрынин И.А. – Бюллетень ФИПС. – 2012. - № 36.

УДК 631.31: 631.51: 631.587: 631.67: 62-51

ТЕХНОЛОГИЯ ПОСЛОЙНОЙ ПЛАНИРОВКИ ЗЕМЕЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНО-ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

А.Н. Ефремов
ООО Инженерный центр «Луч-Юг», г. Москва - г. Невинномысск, Россия

В настоящее время планировку рисовых чеков под горизонтальную плоскость во многих хозяйствах Краснодарского края выполняют по проектам, составленным на компьютере с программным обеспечением ПО ЧЕК. Первичную вертикальную съемку чеков проводят с применением автонивелира АН-3 [1]. Разработано также программное обеспечение ПО ПОЛЕ – СП для составления по данным съемки проектов участков земли под систему наклонных плоскостей [2], которые обеспечивают поверхностный полив сельскохозяйственных культур по бороздам или полосам и ускоренный отвод избыточных дождевых вод. Анализ проведения планировочных работ по составленным проектам показал, что толщины срезок грунта при планировке варьируются в пределах 4-45 см. Максимальные срезки вызывают частую пробуксовку движителя трактора землеройно-планировочной машины или его резкую остановку с вынужденным отключением сцепления движителя, влекущим за собой быстрый износ деталей и последующее снижение надежности и срока службы трактора.

Для устранения этих недостатков и выравнивания нагрузки двигателя трактора рекомендуется применять новый способ послойной автоматизированной планировки земель [3]. Планировку ведут на разных уровнях по плоскостям, параллельным лазерной опорной плоскости и расположенным последовательно сверху вниз. В завершении планируют нижнюю проектную плоскость.

Количество уровней планировки N можно определить с округлением по выражению:

$$N = H_м / h_м \quad (1),$$

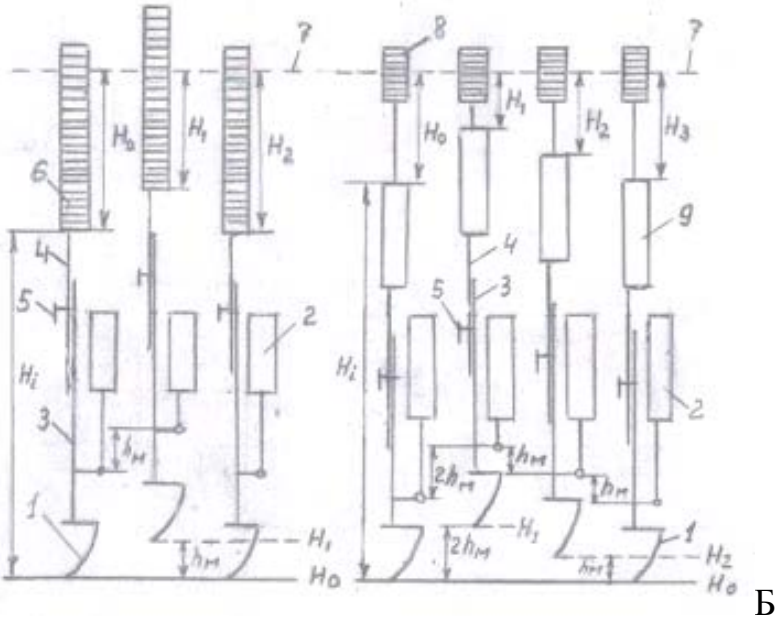
где: $H_м$ – максимальная величина неровности между верхней точкой поверхности земли и проектной плоскостью, положение которой рассчитывают по упомянутым проектам планировочных работ,

$h_м$ - допустимая максимальная срезка hм землеройно-планировочной машины, устанавливающая шаг между уровнями планировки (таблица 1).

Таблица 1 - Технические характеристики землеройно-планировочных машин [1]

Тип машины	Масса, кг	Ширина захвата, см	Категория грунта	Максимальная срезка, hм, см
Планировщик ПАУ-4,2	3200	420	1	8
Планировщик ПАУ-2,5	1200	255	1	6
Планировщик ПАУ-3СГ	-	310	1	4
Скрепер-планировщик СП-4,2	6300	420	1	12

Послойная планировка может выполняться землеройно-планировочными машинами, оснащенными лазерно-цифровой системой управления, в качестве которой рекомендуется применять лазерный автонивелир АН-3 или лазерно-приемное устройство ОКО-30 [1] с цифровым актуатором АКЦ-1 (рисунок 1).



А Б

Рисунок 1 – Схемы установки оборудования на землеройно-планировочной машине при послойной планировке А – с автонивелиром АН-3, Б – с устройством ОКО-30 и актуатором АКЦ-1:

1 - рабочий орган (отвал), 2 - гидроцилиндр, 3 – телескопическая мачта, 4 – штанга, 5 – стопор штанги, 6 и 8 - приемники, 7 - лазерная плоскость, 9 – актуатор

Отсчет показателей уровней планировки осуществляют по индикаторам (жидкокристаллическому дисплею) пультов систем управления в зависимости от вертикального положения приемников 6 и 8. Рабочий орган 1 устанавливают на проектную отметку. Но при помощи выдвижения штанги 5 телескопической мачты 3, изменяя вертикальное расстояние Hi в зависимости от высоты кабины трактора. В процессе планировки эти расстояния между проектной плоскостью и низом корпуса приемника автонивелира или между проектной плоскостью и верхом корпуса актуатора остаются неизменными (рис. 1).

Первый H_1, второй H_2 и т.д. уровни планировки относительно лазерной плоскости найдем по формулам:

$$H_1 = Ho - (N- 1) \cdot h_м , \quad (2)$$

$$H_{2,3...} = H_{1,2...} + h_м, \quad (3)$$

где: Но – проектный уровень планировки относительно лазерной плоскости, эквивалентный вертикальному расстоянию от проектной до лазерной плоскости Hi + Но (рис. 1).

В первом случае на рабочий орган 1 землеройно-планировочной машины (скрепер-планировщик СП-4,2) при помощи штанги 4 телескопической мачты 3 устанавливают приемник 6 автонивелира АН-3. В состав системы управления входит также лазерный передатчик типа Leica Rugby 810 и электрогидроблок ГБ-УК [1], служащий для управления гидроцилиндром 2 по командам автонивелира.

В начале планировки устанавливают лазерный передатчик, формирующий лазерную круговую горизонтальную плоскость 7. Режущую кромку рабочего органа 1 машины опускают гидроцилиндром 2 на уровень вынесенной проектной отметки Но (рис. 1). Приемник 4 автонивелира при помощи штанги 5 телескопической мачты вводят на лазерную плоскость 7 таким образом, чтобы на индикаторе пульта управления регистрировалась высота близкая к верхним значениям приемника, например, $H_{\mathbf{o}}$ = 60 см (табл. 2), т.к. диапазон регистрации приемника составляет 63 см, после чего штангу 4 неподвижно закрепляют на мачте 3 стопором 5.

Таблица 2 – Показатели послойной планировки земель с применением лазерно-цифровых систем управления

Показатели послойной планировки	Единица измерений	Скрепер-планировщик СП-4,2 с автонивелиром АН-3	Планировщик ПАУ-4,2 с устройством ОКО-30 и актуатором АКЦ-1
Нм	см	25	25
hм	см	12	8
N	-	2	3
Но	см	60	28
Н1	см	48	12
Н2	см	60	20
Н3	см	-	28

В режиме работы автонивелира «ПЛАНИРОВКА» гидроцилиндром 2 поднимают рабочий орган 1 на величину первого уровня планировки 48 см, контролируемого по дисплею пульта. Землеройно-планировочная машина по составленному проекту осуществляет планировку в автоматическом режиме управления на первом уровне. Затем устанавливают второй уровень 60 см, опуская рабочий орган, и проводят планировку на проектной отметке. В процессе планировочных работ послойная срезка грунта практически исключает перегрузку двигателя и пробуксовку движителя трактора землеройно-планировочной машины.

Во втором случае землеройно-планировочной машину оснащают лазерно-цифровой системой в составе: лазерный нивелир типа Leica Rugby 860, лазерно-приемное устройство ОКО-30 и электрогидроблок ГБ-УК.

Перед планировкой на лазерном передатчике устанавливают проектные уклоны лазерной опорной плоскости. Рабочий орган 1 машины (планировщик ПАУ-4,2) в соответствии с проектом планировки так же, как и в первом случае, опускают гидроцилиндром 2 на уровень вынесенной проектной отметки Но. На цифровом индикаторе актуатора 9 устанавливают высоту, близкую к его верхним значениям, например $H_o = 28$ (табл. 2), т.к. диапазон выдвижения штока актуатора АКЦ-1 составляет 30 см. Путем перемещения штанги 4 телескопической мачты 3 с закрепленными на ней актуатором 9 и приемником 8 его центр вводят на лазерную плоскость 7, что регистрируется командой «Норма» на пульте управления устройства ОКО-30, после чего штангу неподвижно закрепляют стопором 5. Штоком актуатора приемник 8 постепенно опускают по показаниям цифрового индикатора на величину $2 \cdot h_м = 16$ см до уровня $H_1=12$ см, соответствующего первому уровню планировки. Одновременно гидроцилиндром 2 рабочий орган 1 с актуатором 9 и приемником 8 автоматически поднимаются до момента, когда приемник выводится на лазерную плоскость 7 и на пульте управления устройства ОКО-30 появляется команда «Норма». На первом установленном уровне проводят автоматическую срезку грунта в зонах повышений и отсыпку грунта в зонах понижений в соответствии со схемой перемещения грунта. Далее устанавливают второй уровень планировки $H_2=20$ (табл. 2), постепенно поднимая приемник 8 цифровым актуатором 9 на величину $h_м = 8$ см (табл. 1). Одновременно гидроцилиндром 2 рабочий орган с актуатором и приемником автоматически опускаются на эту величину. Затем проводят планировку на втором уровне и в заключение на третьем уровне, соответствующем проектной отметке. Планировка на разных уровнях исключает большие срезки грунта, обеспечивая тем самым более равномерную загрузку двигателя трактора.

Проверка технологии послойной планировки рисового чека под горизонтальную лазерную плоскость проводилась в хозяйстве ЗАО «Анастасиевское» Краснодарского края с применением автонивелира АН-3 и скрепера-планировщика СП-4,2. На экспериментальном участке ООО СХП «Семеновские газоны» Московской области была отработана технология послойной планировки под систему плоскостей с использованием планировщика ПАУ-3СГ, оснащенного лазерно-приемным устройством ОКО-30 с цифровым актуатором АКЦ-1 и электрогидроблоком ГБ-УК.

В результате испытаний установлено, что технологии послойной планировки с применением лазерно-цифровых систем автоматического управления обеспечивают:

- цифровой контроль послойной толщины срезки неровностей земли,
- более равномерную загрузку двигателя трактора землеройно-планировочной машины в допустимых пределах,
- устранение пробуксовки движителя и остановки двигателя трактора,
- исключение резкой остановки землеройно-планировочной машины с вынужденным отключением сцепления, влекущим за собой быстрый износ деталей и последующее снижение надежности и срока службы машины,
- расширение возможностей применения маломощных (≤ 150 л.с.) землеройно-планировочных машин на планировке земель под горизонтальную плоскость и систему плоскостей.

Послойная планировка может быть также эффективно использоваться со спутниковой навигационной системой управления высотным положением рабочего органа различных типов землеройно-планировочных машин.

Список использованных источников

1. Ефремов А.Н. Лазерная планировка орошаемых земель. М: ООО «Литера-Принт», 2016, 52с.

2. А.Н. Ефремов, Н.Н. Решетников. Проектирование и планировка участков сельскохозяйственных земель. Материалы международной научно-практической конференции «Мелиорация земель - неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации»: ВНИИГиМ, М, 2019. С. 151-159.

3. А.Н. Ефремов Патент на изобретение № 2689467 «Способ планировки земель», Бюл. № 16 от 25. 05. 2019.

УДК: 631.311.5

ОТДЕЛ МЕХАНИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ, ЭТАПЫ БОЛЬШОГО ПУТИ

Б.М. Кизяев, Г.Х. Бедретдинов
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва. Россия

Сегодня в своей работе мы непременно сталкиваемся с материалами предыдущих научных исследований, опубликованных сотрудниками отдела механизации мелиоративных работ. Многие сотрудники безвозвратно ушли в мир иной, некоторых по разным причинам нет с нами. Однако мы остаемся в неоплатном долгу перед всеми, а воспоминания о них возвращают нас в прошлое и помогают в повседневной жизни.

Отдел механизации сформировался в институте в конце 50-х годов прошлого века из отдельных подразделений, занимающихся механизацией трудоемких работ с 1930 года. В разные годы в отделе работали ведущие специалисты по гидромеханизации, взрывным работам, планировке мелиорируемых земель, строительству мелиоративных каналов и дренажа, производству культуртехнических и эксплуатационных работ на мелиорируемых землях. Отдел возглавляли

А.Д. Панасенко, Е.И. Копьев, Э.А. Степанов, Е.Д. Томин. С 1975 года руководителем отдела является Б.М. Кизяев.

В период с 1930 по 1950 год основная направленность работ подразделений по механизации связана с обобщением опыта «народных строек» на строительстве ирригационных объектов в Средней Азии. В этот период начинаются работы по созданию специальных средств механизации. Для строительства каналов были разработаны профильные ковши, конструкции специальных плугов и пассивных плужных каналокопателей. Начались работы по созданию машин для производства культуртехнических работ и прокладки кротового дренажа, а также технологий и средств гидромеханизации. Наиболее плодотворными в части научных исследований являлись тяжелые послевоенные годы. В этот период были проведены исследования по механизации осушительных работ (Е.В. Коковин), определению силы тяги плужного каналокопателя (А.Д. Панасенко), планировке орошаемых площадей (Н.П. Самсонова, Э.А. Степанов), механизации обработки пластов целинных земель (М.Т. Клокова), механизации первичной обработки болот (Д.И. Козлов). Подразделением гидромеханизации под руководством А.М. Царевского проведены исследования гидромониторных струй (С.П. Казаков), гидравлического старирования грунтов для возведения намывных гидротехнических сооружений (Л.Г. Жилков). В короткие сроки были созданы земснаряды типа ТМИР НКО и 8-ПЗУ (Б.И. Пугавко). В 1952 году за выполнение работ по совершенствованию передовых методов очистки оросительных систем способом гидромеханизации коллективу авторов (А.М. Царевский, Б.И. Пугавко и др.) была присуждена Сталинская премия третьей степени.

В период широкого развития мелиорации исследования отдела были направлены на изучение процессов взаимодействия рабочих органов с разрабатываемой средой, обоснование и оптимизацию конструктивных и технологических параметров ведущих машин. Работы проводились по межведомственным тематическим планам в координации с профильными машиностроительными заводами и опытным производством института. В соответствии с поставленными задачами проведены исследования по ряду научных направлений, которые возглавили ведущие ученые отдела.

Под руководством Б.М. Кизяева разработаны скоростные методы прокладки мелиоративных каналов землеройными машинами: непрерывного действия (З.М. Маммаев, Е.И. Копьев, В.А. Кокоз, В.Н. Басс) и общестроительными машинами (Г.Х. Бедретдинов). Разработаны и внедрены в производство каналокопатели КФН-1200, КФП-135, ЭТР-201, ЭТР-208. Сотрудники отдела принимали участие в разработке технических требований, испытаниях и производственных проверках новых высокопроизводительных землеройных и землеройно-транспортных машин, создаваемых для работы в водохозяйственном строительстве.

Строительство дренажа на орошаемых землях возглавлял Е.Д. Томин, на осушаемых землях - В.С. Казаков. Под их руководством были разработаны научные основы глубокого пассивного резания грунтов (В.Н. Буравцев, В.В. Кузнецов, А.Я. Шапочкин) и обоснованы перспективные направления совершенствования процесса активного резания (Е.В. Струков). В результате исследований

были разработаны новые конструкции бестраншейных и узкотраншейных дреноукладчиков, а также мелиоративных рыхлителей. В 1978 году разработчики темы (В.Н. Буравцев, А.Я. Шапочкин, А.Н. Ефремов и др.) стали лауреатами Премии Совета Министров СССР.

Разработка теоретических основ формирования бетонных облицовок оросительных каналов проведена под руководством В.К. Синякова, Е.Д. Томина, Б.М. Кизяева. На основе проведенных исследований разработаны технологии укладки бетонных облицовок магистральных каналов (И.П. Братышев), распределителей оросительной сети (К.Г. Науман) и подводящих каналов к дождевальным машинам (В.П. Полевой). Работы выполнялись совместно с ведущими мировыми производителями землеройной и бетоноукладочной техники.

Теоретическое обоснование производства культуртехнических работ выполнено под руководством З.М. Маммаева. Проведены исследования резания кустарниковой растительности. Теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены: эффективность глубокого фрезерования торфяных почв вместе с растительностью (О.Ф. Першина), срезки кустарниковой растительности высокооборотными фрезами (И.И. Марченко), срезки с измельчением растительности на щепу и последующим использованием ее в народном хозяйстве (В.В. Ямщиков), обоснована возможность заделки древесных остатков в почву при первичной обработке осваиваемых земель (О.Ф. Першина). Под руководством З.М. Маммаева и Е.Д. Томина была обоснована эффективность производства ряда культуртехнических работ в зимнее время. За разработку и внедрение новых технологий коллектив авторов (Е.Д. Томин, З.М. Маммаев и др.) удостоен звания Лауреата премии Совета Министров СССР.

Развитие работ по направлению гидромеханизации проведено под руководством Д.Л. Меламута. В этот период были продолжены исследования процессов намыва грунта в текущую воду и сооружений. В результате научно обоснованы: процесс разработки грунта безнапорным потоком воды (Н.К. Голубев), намыв плотин из супесчаных пылеватых грунтах (Л.Г. Бородулина), намыв плотин на просадочном основании (И.И. Перевезенцева). Разработаны технологии возведения намывных сооружений из суглинистых грунтов (Ю.П. Быков), исследованы процессы защиты берегов от размыва (Н.Р. Стеценко). Наряду со строительством сооружений развивались исследования по применению гидромеханизации на очистке мелиоративных каналов (Л.И. Бадаев И.П. Прохоров) и на очистке водоемов с использованием сапропелей в качестве удобрений (В.А. Белов, В.И. Сметанин). В 1974 году Д.Л. Меламут был удостоен звания Лауреата Государственной премии Туркменской ССР. В 1981 году за разработку намывного безбанкетного способа перекрытия русел рек коллектив авторов (Д.Л. Меламут, Н.К. Голубев и др.) удостоен звания Лауреата премии Совета Министров СССР.

Значительные исследования по изучению динамики движения и проходимости мелиоративных машин проведены А.Н. Ефремовым и Ю.А. Соколовым. На основе проведенных исследований разработаны теоретические предпосылки управления рабочими органами, требования к конструкции навески и параметрам движителей мелиоративных машин. До сегодняшнего дня это направление

бессменно возглавляет А.Н. Ефремов. По результатам исследований разработаны различные устройства автоматического управления высотным положением рабочих органов с использованием лазерных и спутниковых систем. Разработаны и внедрены лазерные системы управления рабочим органом каналокопателя, дреноукладчика и автоматизированные планировщики для работы на рисовых системах.

С конца 1970 годов в институте восстановлена тематика по использованию энергии взрыва в мелиоративном строительстве, которую возглавил Д.М. Кушнарев. Далее в составе отдела под руководством Б.М. Кизяева была теоретически обоснована эффективность применения щелевых и шланговых зарядов для скоростной прокладки мелиоративных каналов (А.А. Добрынин, Н.А. Яроцкая). В результате были разработаны эффективные конструкции зарядов, технологии и средства механизации для их закладки, обеспечивающие выполнение проектного профиля каналов с минимальными доработками.

Разработка новых высокопроизводительных машин требовала обоснования перспективных методов управления и контроля приводов рабочих органов. Это направление возглавил В.Ю. Мануйлов. Созданной им группой из молодых специалистов был обоснован оптимальный температурный режим работы гидропривода, разработан ряд оригинальных приборов для контроля температуры и ликвидации утечек рабочей жидкости в процессе эксплуатации машин.

Значительный вклад в научное обоснование нормативов в водохозяйственном строительстве внесли В.А. Кокоз и Г.В. Гумбург. В результате с участием практически всех сотрудников отдела были выпущены и внедрены нормативы годовой загрузки, выработки и потребности машин для водохозяйственного строительства.

В 1978 году была создана лаборатория по обоснованию эффективных способов и разработке техники для ремонтно-эксплуатационных работ. Под руководством Л.И. Бадаева были теоретически обоснованы и разработаны способы очистки оросительных каналов с применением гидромеханизации (И.П. Прохоров), использования энергии газовых струй (Л.Г. Бородулина, А.К. Жестков), использования импульсной энергии микровзрыва (С.И. Корниевский), повышения эффективности очистки каналов с экскавацией и транспортировкой наносов естественной влажности (И.Г. Петров). По результатам исследований был разработан ряд оригинальных грунтозаборных устройств, позволяющих разрабатывать и удалять из каналов наносы и водную растительность. В содружестве со смежными организациями были разработаны: новое поколение мелиоративных земснарядов, каналоочистители, дренопромывочная машина, газодинамическая машина для очистки облицованных каналов и лотков. Технология газоструйной очистки была запатентована в ряде ведущих зарубежных стран.

Отдельная тема исследований была посвящена разработке «Системы машин для производства мелиоративных работ». В разработке темы участвовали практически все сотрудники отдела. В разные годы работу по тематике возглавляли М.Т Клокова, Е.Д. Томин, Б.М. Кизяев. Основное назначение «Системы машин» заключалось в координации разработки новой техники, предназначенной для

сельскохозяйственного производства. В ее состав включались серийно выпускаемые, вновь разрабатываемые и перспективные машины. Основная задача исследований отдела заключалась в обосновании перспективных конструкций машин, разработке технических требований, участии в исследовательских и производственных испытаниях новых машин. В период широкого развития мелиорации отделом разработано более 60 наименований специальной мелиоративной техники, в том числе: земснаряды 8ПЗУ-3М, УПМ-1; кротователи К-0,7 и К-1,2; планировщики П-2,8, П-4, ДЗ-602, ДЗ-603; рыхлители РС-0,8, РВ-0,8; каналокопатели КФН-1200, КФП-135, ЭТР-201, ЭТР-208; дреноукладчики МД-12, ДУ-4003, ЭТЦ-2012, БДМ-301, самоходный скрепер ДЗ-107, бульдозер ДЗ-94С и др. техника (рис.1-4).

Отдел проводил большую работу по координации научных исследований по всей стране, организовывал межведомственные совещания ведущих специалистов отраслевых институтов и заводов по производству новой техники.

Рисунок 1 - Шнекороторный экскаватор ЭТР-208

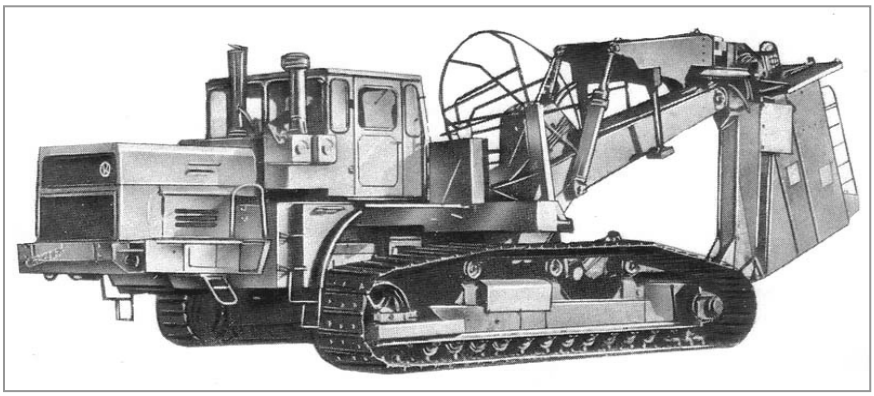


Рисунок 2 - Бестраншейный дреноукладчик МД-12

Рисунок 3 - Мелиоративный рыхлитель РС-0,8

Рисунок 4 - Каналоочиститель МР-19

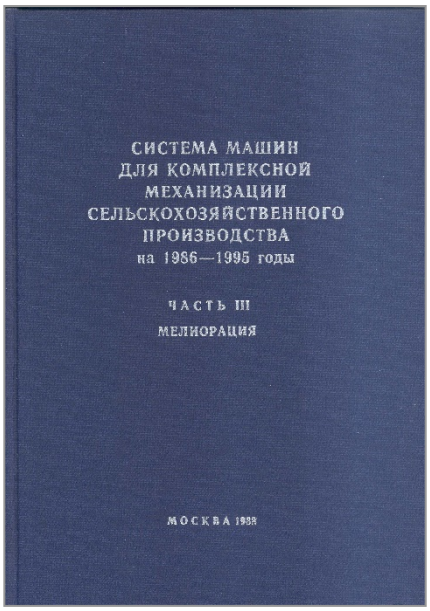


Рисунок 5 - Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1986-1995 гг., часть III, мелиорация

Результаты работы представлялись в виде отдельного издания с перечнем машин их назначением, технологий производства работ и техническими показателями при строительстве и эксплуатации мелиоративных объектов. Издание систем машин (рис. 5) осуществлялось с 1966 по 2010 годы.

Реализация системы машин проводилась при непосредственном участии отдела испытаний новой мелиоративной техники. Разработка и совершенствование методик испытаний проводилась под руководством Ю.А. Соколова. По разработанным методикам проводились стандартные оценки новых машин и авторские оценки качества производства работ по: строительству мелиоративных каналов, укладке горизонтального дренажа, планировке орошаемых площадей.

В период решения задач развития мелиорации, в отделе работали до 120 научных сотрудников, штаты ежегодно пополнялись молодыми специалистами, в аспирантуре обучалось до трети сотрудников. Для проведения научных исследований имелась существенная приборная база, использовалась производственная база и опытное производство института. Осуществлялась тесная координация работ с профильными институтами и производственными организациями.

В 1986 году для ускорения разработки, освоения и внедрения высокоэффективных технологических процессов и новой мелиоративной техники в институте был создан Инженерный центр по механизации мелиоративных работ. В его состав были включены отделы: технологии и механизации строительства, ремонтно-эксплуационных работ, перспектив развития механизации мелиоративных работ, коллектив «Луч» и опытное конструкторское бюро ВНИИГиМ с опытным производством.

Основные задачи центра:

а) выполнение функции головной организации отрасли по вопросам комплексной механизации мелиоративных работ;

б) создание новых технологических процессов по строительству и эксплуатации мелиоративных систем;

в) разработка комплексов машин и создание новой мелиоративной техники;

г) автоматизация технологических процессов с использованием лазерной техники;

д) испытание мелиоративных машин;

е) разработка нормативной и технологической документации для освоения и внедрения новой техники и технологий;

ж) широкомасштабное внедрение новых разработок в производство и совершенствование методов управления водохозяйственным строительством;

з) организация проведения консультаций и обучения инженерно-технических работников и машинистов новой техники.

Для повышения эффективности внедрения новой техники в составе Инженерного центра были созданы Зональные технические комплексы на базе лабораторий испытаний НПО и институтов, организаций Оргтехводстроя и опорно-показательных строительных организаций. Региональные работы ЗТК были организованы в гг. Саратов, Киев, Фрунзе, Горький, Ташкент, Минск, Краснодар, Пинск и Дмитров Московской области.

В кризисный период 1990-х годов состав отдела существенно изменился. Ушли и уволились многие сотрудники, устарели и потеряны приборная и производственная базы. Практически прекратился приток молодых сотрудников и аспирантов.

Сегодня основные исследования направлены на разработку технологий и средств механизации для восстановления деградированных земель. В соответствие с планом работ проводятся:

- совершенствование методов диагностики состояния деградированных площадей для определения объемов культуртехнических работ;
- разработка и совершенствование технологий и средств механизации для очистки мелиоративных каналов, восстановления работоспособности дренажа, расчистки земель от кустарниковой растительности и кочек.
- разработка и совершенствование технологических приемов мелиорации солонцовых почв.
- развитие теоретических основ процессов взаимодействия рабочих органов с разрабатываемой средой, совершенствование конструкций мелиоративных и строительных машин.
- совершенствование и разработка методических основ создания системы машин для производства мелиоративных работ.

Практически все темы защищены патентами РФ на изобретения, полезные модели и базы данных. Сотрудниками отдела ежегодно публикуется 6…7 условных печатных листов статей, брошюр, рекомендаций.

Опыт показывает, что развитие отдела непосредственно связано с перспективами развития страны. Периоды расцвета отдела определяли стратегические задачи, на основе которых, отраслевыми министерствами выстраивалась техническая политика, и ставились конкретные задачи, в том числе научным организациям. Тематика исследований и научные планы координировались между ведомствами, включали все стадии разработки новых технологий и машин вплоть до внедрения их в производство. Сегодня в условиях новых экономических отношений наблюдается разрыв между научными исследованиями и производством.

Существенным тормозом развития отдела является отсутствие приборной и лабораторной базы. Широкая направленность исследований по механизации, связанная с различными рабочими органами и разрабатываемой средой, не может быть обеспечена универсальным исследовательским оборудованием и требует серьезных ежегодных капитальных вложений.

При относительно хорошем компьютерном обеспечении отдела требуется развитие собственной лабораторной и производственной базы исследований. Использование лабораторной базы смежных организаций связано с неудобствами организации работ и значительными денежными затратами.

Будущее развитие, несомненно, связано с привлечением для работы в отделе молодых талантливых специалистов. Опыт приема государственных экзаменов показывает наличие таких возможностей. Однако существующие противоречия в оплате труда научных работников, в том числе приближение заработных плат к среднему уровню региона, не решают вопрос омоложения кадров.

Здесь помимо решения вопросов оплаты труда, следует использовать опыт нахождения талантливых кадров в регионах.

Ведущим научным сотрудникам отдела следует более бережно относиться к молодым специалистам, уделять им больше внимания, поддерживать и прививать интерес к научной работе.

Список использованных источников

1. Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова. К 90-летию института. – Научный мир, 2012. -536 с.

2. Кизяев, Б.М. Развитие технологий строительства дренажа на мелиорируемых землях / Б.М. Кизяев, Г.Х. Бедретдинов// Ж. Мелиорация и водное хозяйство, № 5-6. 2014 с 34…37.

3. Кизяев, Б.М. К 100-летию Д.Л. Меламута / Б.М. Кизяев, Г.Х. Бедретдинов// Ж. Мелиорация и водное хозяйство, № 3. 2015 с 40…41.

4. Кизяев, Б.М. Система машин для комплексной механизации мелиоративных работ. История создания и перспективы / Б.М. Кизяев, Н.Б. Мартынова // Сборник статей международной научно-практической конференции «Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений», Ташкент, ТИИИМСХ, 2018, с. 418-423.

УДК 502/504: 631. 311. 5

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕЛИОРАТИВНОГО КЛИН-ПЛАНИРОВЩИКА

С.Ю. Насонов
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Россия

В последние годы, в связи с необходимостью интенсификации производства риса в России, требуются новые перспективные комплексы, применение которых повысит эффективность процесса планировки с повышением качества работ и производительности машин.

Для получения высоких урожаев риса при минимальных затратах энергетических, материальных и временных ресурсов, актуальными в настоящее время, становятся поиски новых конструктивных решений в области технических средств для выполнения работ по выравниванию сельскохозяйственных полей. Перспективными являются так называемые, клин-планировщики, применение которых позволяет снизить тяговые сопротивления при работе и повысить производительность [1]. Опыт проведения капитальных планировок с использованием этих машин показал их достаточную эффективность при работе и рациональную связь с другими машинами в применяемой технологии планировки [2]. Однако неясными являются до сих пор обоснование выбора основных параметров этих машин (углы и ширина захвата, форма отвала и др.), а также определение величины сопротивления копанию.

Для клин-планировщика, на сегодняшний день, нет достоверных данных о влиянии основных параметров рабочего органа, режимов работы и физических свойств грунта на тяговое усилие машины. С целью определения тягового усилия и технологических показателей при работе клин-планировщика с двухот-

вальным рабочим органом были выполнены масштабные экспериментальные исследования моделей рабочего органа (место проведения – лаборатория мелиоративных машин).

В задачи исследований входило:

✓ определение зависимостей тягового усилия F, удельного сопротивления копанию $Куд$ от толщины стружки грунта h и угла между отвалами α;

✓ изучение процесса формирования валиков грунта и их объемов, образуемых при планировке, от толщины стружки грунта h и угла между отвалами α;

✓ оценка удельной энергоемкости процесса копания двухотвальным рабочим органом.

Для этого были спроектированы и изготовлены три физические модели с углами между отвалами равными 100°, 90° и 55°. Масштаб моделей был принят 1:8. Исследования проводились при влажностях грунта 9…10% с числом ударов плотномера ДОРНИИ равным 3. При исследовании (рис. 1) измерялись тяговые усилия тензометрическим методом с записью результатов в память компьютера. Конечные численные результаты приведены в таблицах 1 – 3.

Рисунок 1 –Исследование физических моделей рабочих органов мелиоративного клин-планировщика

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований, пересчитанные на натурный образец (при угле между отвалами α=55º)

№ п/п	Толщина стружки, $H_{Н}$, м	Тяговое усилие, F, кН	Дисперсия тягового усилия, D, кН^2	Коэффициент удельного сопротивления копанию, $К_{уд}$, кН/м^2
1	0.08	8.25	1.8	21.67
2	0.16	13.08	2.4	40.87
3	0.24	21.6	5.1	67.61

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований, пересчитанные на натурный образец (при угле между отвалами α=90°)

№ п/п	Толщина стружки, $H_{Н}$, м	Тяговое усилие, F, кН	Дисперсия тягового усилия, D, кН^2	Коэффициент удельного сопротивления копанию, $K_{уд}$, кН/м^2
1	0.08	18.82	2.87	58.81
2	0.16	29.63	4.07	92.62
3	0.24	51.75	26.28	161.7

Таблица 3 – Результаты экспериментальных исследований, пересчитанные на натурный образец (при угле между отвалами α=100°)

№ п/п	Толщина стружки, $H_{Н}$, м	Тяговое усилие, F, кН	Дисперсия тягового усилия, D, кН^2	Коэффициент удельного сопротивления копанию, $K_{уд}$, кН/м^2
1	0.08	44.257	11.518	138.302
2	0.16	95.523	13.263	298.51
3	0.24	172.759	2.461	539.871

Кроме этого, измерялись объемы грунта, срезаемого отвалами и перемещаемого в боковые валики инструментальным методом.

По результатам экспериментов были получены зависимости тяговых усилий от толщины стружки (рис. 2), а также от угла установки отвалов.

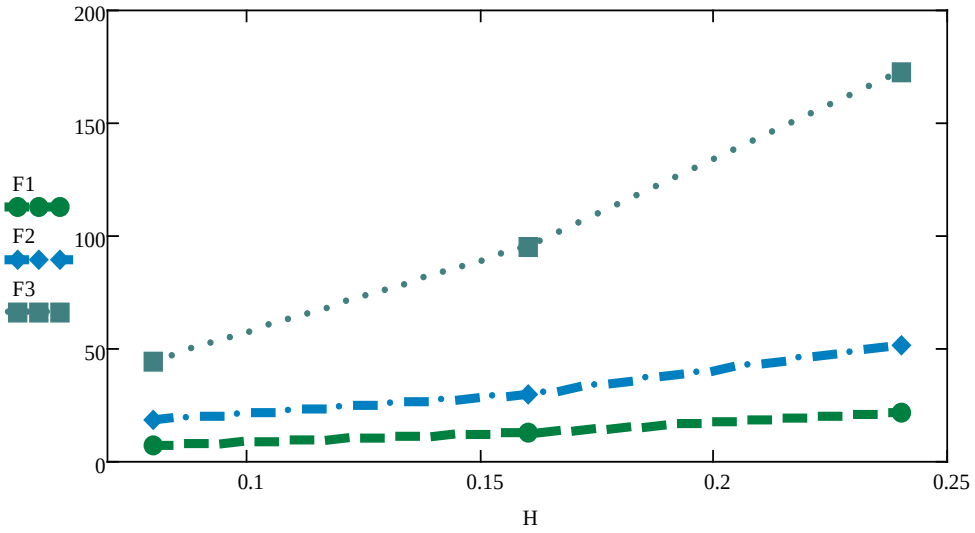


Рисунок 2 –Зависимости тяговых усилий F(кН)
от толщины стружки Н (м)

По результатам опытов установлены соотношения объемов срезаемого грунта и перемещаемого в боковые валики для трех моделей при различных толщинах стружки (рис. 3).

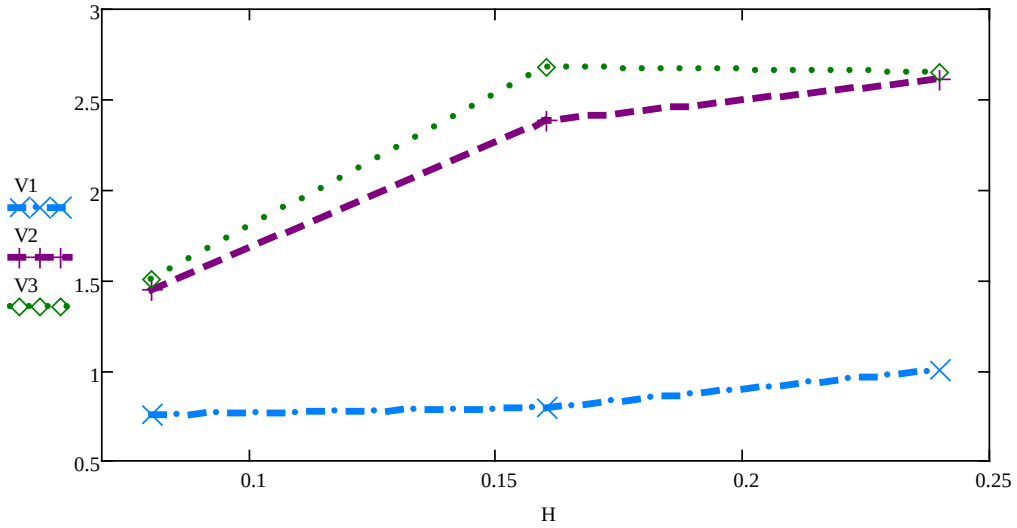


Рисунок 3 – Зависимости объема грунта в боковых валиках V(м^3) на длине 1 м от толщины стружки Н (м)

Кроме этого, получены значения удельных сопротивлений и удельных энергоемкостей копания двухотвальными рабочими органами клин-планировщика.

Таким образом с увеличением угла между отвалами и толщины стружки тяговые сопротивления, мощность, удельная энергоемкость увеличиваются. Более интенсивное увеличение наблюдается при угле между отвалами 100°. На основании этого угол между отвалами больше 90° принимать не целесообразно.

С увеличением угла между отвалами и толщины стружки увеличивается объем призмы волочения и снижается объем грунта в боковых валиках.

Список использованных источников

1. Ефремов А. Н., Насонов С. Ю. Машины и технологии капитальной планировки рисовых чеков // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 3. – С. 37-42.
2. Насонов С. Ю. Особенности работы мелиоративного клин-планировщика с удлиненной колесной базой // Строительные и дорожные машины. – 2012. – № 6. – С. 16-20.

УДК 66.081.63.631.862.2

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ФИЛЬТРУЮЩИМИ ГИДРОЦИКЛОНАМИ

А.Е. Новиков[1,2], М.И. Ламскова[2], М.И. Филимонов[1,2], С.В. Бородычев[3]
[1]ФГБНУ ВНИИОЗ, г. Волгоград, Россия;
[2]Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия;
[3]ВФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им А.Н. Костякова», г. Волгоград, Россия

Применяемые в настоящее время системы капельного полива обладают рядом преимуществ перед иными способами орошения, обеспечивая экономное использование водных ресурсов, снижая риски развития ирригационно-эрозион-

ных процессов в почве, способствуя устойчивому получению сельскохозяйственной продукции. Надежное функционирование систем капельного полива, соблюдение агроэкологических показателей при орошении сельскохозяйственных культур в бóльшей степени зависит от качественных показателей воды и, соответственно, от эффективности техники и технологии водоподготовки на оросительной системе [1-3].

Для удаления из поливной воды взвешенных веществ и растворенных примесей может использоваться различное оборудование гидромеханической очистки - вертикальные и горизонтальные отстойники, фильтры грубой и тонкой очистки. В сравнении с гравитационными и фильтрационными методами, процесс выделения дисперсных примесей за счет использования центробежного поля обладает рядом преимуществ, а именно - высокая интенсивность протекания процесса и большое разнообразие средств его реализации. Гидроциклоны, в основе работы которых лежит способ центробежной сепарации, нашли самое широкое распространение за счет отсутствия движущихся частей, простоты конструкции, не высокой стоимости, эксплуатационной надежности. Данная группа аппаратов обеспечивает высокопроизводительное и эффективное улавливание дисперсных примесей при минимальной потребности в капитальных затратах и производственных площадях [4, 5].

Для повышения эффективности работы систем капельного полива, а также оптимизации работы станции водоподготовки, предлагается использовать фильтрующую гидроциклонную установку (рис. 1). Основным элементом предлагаемой установки является цилиндроконический гидроциклон, на сливной патрубок которого посредством фланцевого соединения монтируется фильтрующий элемент тонкой очистки. Снабжение аппарата дополнительным модулем очистки обеспечивает улавливание тонкодисперсных примесей, поступающих в систему капельного полива вместе с водой.

Работа предлагаемой фильтрующей гидроциклонной установки осуществляется в двух режимах: фильтрация подводящей поливной воды и промывка обратным током воды фильтрующего элемента и шламовой камеры для сбора отходов очистки.

При работе в режиме фильтрации поливной воды задвижка 8 и кран 9 закрыты, задвижки 3 и 5 открыты. Поливная вода поступает по входному трубопроводу 2 и питающему патрубку 10 в цилиндрическую часть аппарата 1, где поток закручивается, в результате чего из водного потока удаляются грубодисперсные примеси, которые, ударяясь о стенку, по наклонной части гидроциклона опускаются вниз и поступают в шламовую камеру 11. Далее вода проходит через фильтрующие боковые поверхности элемента 12, очищается от тонкодисперсных фракций, поступает в выходной трубопровод 4, затем в магистральный или распределительный трубопровод 14.

Для очистки фильтрующего элемента гидроциклона от уловленных примесей конструкцией установки предусмотрен режим промывки обратным током воды. При этом задвижки 3 и 5 закрываются, задвижка 8 и кран 9 открываются. Вода из трубопровода 2 поступает в трубопровод 6, далее в трубопровод 4 и фильтр 12, где проходя через поры фильтра, вымывает уловленные взвеси,

направляя их в шламовую камеру 11. Затем водный поток направляется в сбросной трубопровод 7 через открытый кран 9. Таким образом, осуществляется совместная промывка фильтрующего элемента и шламовой камеры.

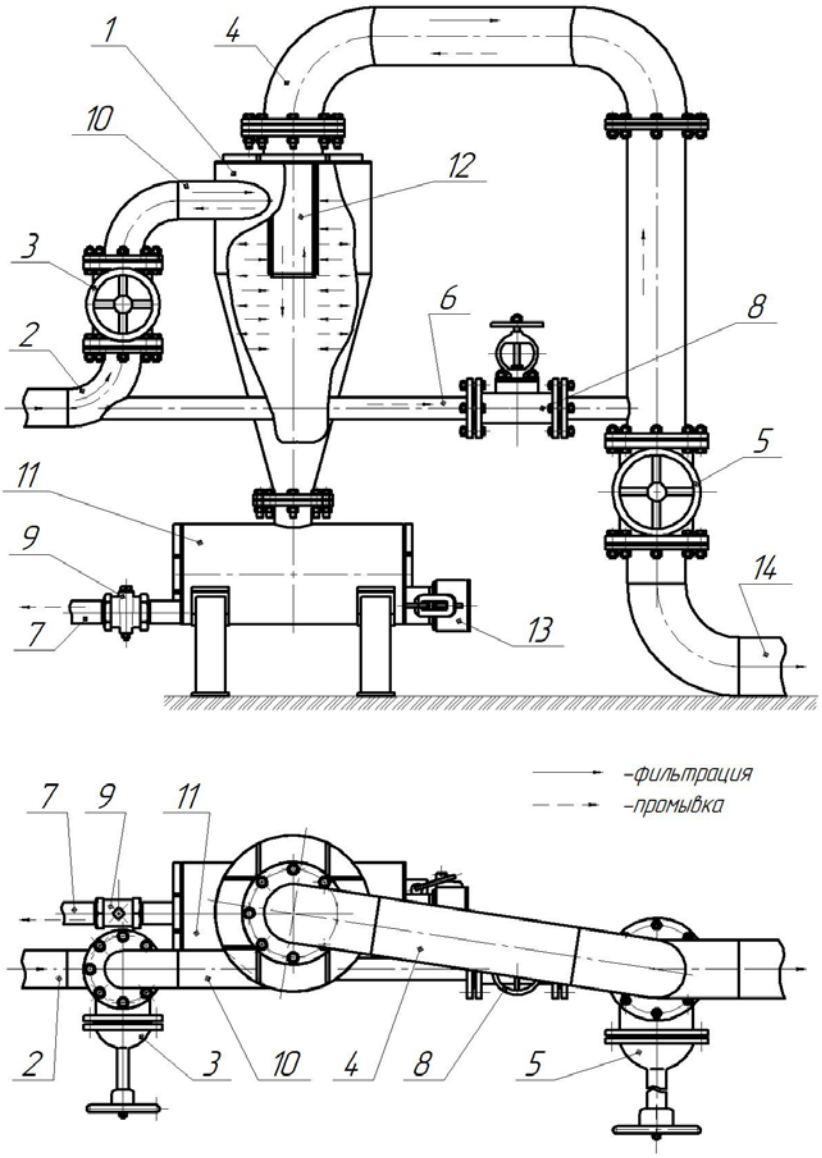


Рисунок 1 – Схема фильтрующей гидроциклонной установки [4]:
1 – гидроциклон; 2 – входной трубопровод; 3, 5, 8 – задвижки; 4 – выходной трубопровод; 6 – промывной трубопровод; 7 – сбросной трубопровод; 9 – кран; 10 – питающий патрубок; 11 – шламовая камера; 12 – фильтрующий элемент; 13 – быстросъемная крышка, 14 – магистральный или распределительный трубопровод

Возможно проведение промывки шламовой камеры в режиме фильтрации путем открытия на короткий период крана 9. При закрытых задвижках шламовую камеру можно очищать вручную, для этого в конструкции предусмотрена быстросъемная крышка 13.

Фильтрующая гидроциклонная установка (ФГЦ-500) производительностью 250 м^3/час изготовлена ООО НПО «ОРТЕХ-ЖКХ» и установлена на нисходящем потоке компенсатора закрытой оросительной системы. Давление на входном трубопроводе регулировали задвижкой (оптимальные показатели 0,4-0,5 МПа) и

контролировали манометром, который был установлен на промежуточном патрубке между задвижкой и гидроциклоном. Производственно-полевые испытания фильтрующей гидроциклонной установки проводили на базе ФГУП «Орошаемое».

Результаты исследования процесса водоподготовки при использовании фильтрующей гидроциклонной установки показывают, что основные показатели качества поливной воды значительно улучшились и достигли допустимых значений при использовании в системах капельного орошения, в частности [4, 6]:

1) содержание взвешенных веществ уменьшилось на 67,5%;

2) мутность снизилась на 55%, а цветность – на 29%;

3) содержание общего железа уменьшилось на 58% для валовых форм и на 35% для растворенных форм.

Оценка планируемой экономической эффективности применения фильтрующей гидроциклонной установки в качестве станции водоподготовки выполняли в сравнении с базовыми вариантами, используемыми в практике в настоящее время – батареи типовых гидроциклонов; блоков из песчано-гравийных фильтров на стадии грубой очистки и дисковых фильтров на стадии тонкой очистки.

В таблице 1 приведена ожидаемая экономическая эффективность на 100 га орошаемой площади капельным способом и на всю орошаемую площадь, подлежащую реконструкции (на примере Волгоградской области).

Из представленных данных следует, что на 100 га экономический эффект в результате замены батареи из 4-х гидроциклонов ГНС-250 (базовый вариант 1) на установку ФГЦ-500 составляет 62 тыс. рублей. Аналогичная замена 2-х блоков очистки, включающих 2 песчано-гравийных фильтра (ПГФ) и 6 дисковых фильтров (ДФ) (базовый вариант 2), дает экономический эффект в 238 тыс. рублей.

При пересчете на площадь 32 тыс. га экономический эффект от внедрения ФГЦ-500 в сравнении с базовым вариантом 1 составит 1984 тыс. руб., а с базовым вариантом 2 – 7616 тыс. руб.; на площадь 37 тыс. га – экономический эффект составит соответственно 2294 и 8806 тыс. руб.

Оценивать экономическую эффективность модернизации оросительной сети путем замены базовых станций водоподготовки на фильтрующую гидроциклонную установку целесообразно с учетом анализа равномерности расхода поливной воды по длине капельных линий. Данный показатель напрямую зависит от качества поливной воды, поскольку тонкодисперсные частицы и взвеси, поступая в оросительную сеть с водой из источника орошения, осаждаются на стенках трубопроводов и закупоривают капельницы. Кроме того, оросительная сеть в значительной степени подвержена процессу коррозии, продукты которой, попадая в транспортируемую поливную воду, также способствуют засорению капельниц. В результате не соблюдаются агроэкологические показатели при проведении поливов сельскохозяйственных культур, что снижает их урожайность.

Таблица 1 – Оценка экономической эффективности от модернизации оросительной сети фильтрующими гидроциклонными установками

Узел водоподготовки	Показатели						
	Производительность одного аппарата, $м^3$/час	Стоимость одного аппарата, тыс. руб.	Необходимое количество аппаратов на 100 га, шт.	Стоимость аппаратов на 100 га, тыс. руб.	Экономический эффект на 100 га, тыс. руб.	Площадь реконструкции, тыс. га	Экономический эффект на реконструируемую площадь, тыс. руб.
ФГЦ-500	250	90	1	90	–	32	–
						37	–
ГНС-250 (батарея)	60	38	4	152	62	32	1984
						37	2294
ПГФ;	125	125	2	250	238	32	7616
ДФ	45	13	6	78		37	8806

Примечание: стоимость аппарата ГНС-250, песчано-гравийного фильтра (ПГФ) и дискового фильтра (ДФ) дана в ценах 2017 года

Исследования равномерности расхода поливной воды по длине капельных линий проводили на примере посевов гибрида кукурузы «Поволжский 89 МВ», имеющего следующие характеристики: растение высокорослое, среднераннего срока созревания с периодом вегетации 110-115 дней. Коэффициенты эффективного, недостаточного и избыточного полива рассчитывали по формулам [7]:

$$K_{эф} = \frac{F_{эф}}{F_{об}} = \frac{n_{эф}}{n_1};$$

$$K_{нед} = \frac{F_{нед}}{F_{об}} = \frac{n_{нед}}{n_1};$$

$$K_{изб} = \frac{F_{изб}}{F_{об}} = \frac{n_{изб}}{n_1},$$

где: $F_{эф}$ – площадь эффективного полива, га ($м^2$);

$F_{об}$ – общая поливная площадь, га ($м^2$);

$F_{нед}$ – площадь недостаточного полива, га ($м^2$);

$F_{изб}$ – площадь избыточного полива, га ($м^2$);

n_1 – число случаев;

$n_{эф}$ – число случаев в зоне эффективного полива;

$n_{нед}$ – число случаев в зоне недостаточного полива;

$n_{изб}$ – число случаев в зоне избыточного полива.

При возделывании кукурузы использовали типовую технологию для условий Волгоградской области [8]. Посев проводили после достижения почвой оптимальных температур – 10 °С, широкорядным способом универсальной пропашной сеялкой СУПН-8. Ширина междурядья составляла 0,8 м, а густота стояния 75-80 тыс. растений на га. Дозы удобрений на получение планируемой урожайности 7 тыс. кормовых единиц составляли $N_{150}P_{120}K_{90}$, причем под основную обработку почвы вносили 50% азотных и 80% фосфорных и калийных, а оставшиеся части удобрений расходовали при посеве и подкормках в период вегетации. Капельные поливы проводили дифференцировано: слой почвы 0-0,4 м промачивали в период от всходов до 13 листьев, а после – слой 0-0,7 м. Влажность почвы на уровне 80% НВ поддерживали от фазы 13 листьев до окончания периода цветения, а в остальное время – 70% НВ. Средневзвешенная оросительная норма составляла 2850 м^3/га. В течении вегетационного периода проводили необходимые мероприятия по уходу за растениями в зависимости от погодных условий, болезней, вредителей и засоренности посевов. Уборку проводили по достижению технической спелости початков кукурузоуборочными комбайнами с измельчителями.

По результатам наблюдений за равномерностью расхода поливной воды по длине капельных линий установлено, что на модернизированной оросительной системе коэффициент эффективного полива $К_{эф}$ составил 0,715 (агротехнически оптимальное значение), коэффициент недостаточного полива $К_{нед}$ – 0,20, а коэффициент избыточного полива $К_{изб}$ – 0,08. На системе капельного орошения с типовой станцией водоподготовки расход поливной воды был менее равномерным: $К_{эф}$ = 0,635, $К_{нед}$ = 0,24, $К_{изб}$ = 0,125 (рис. 2).

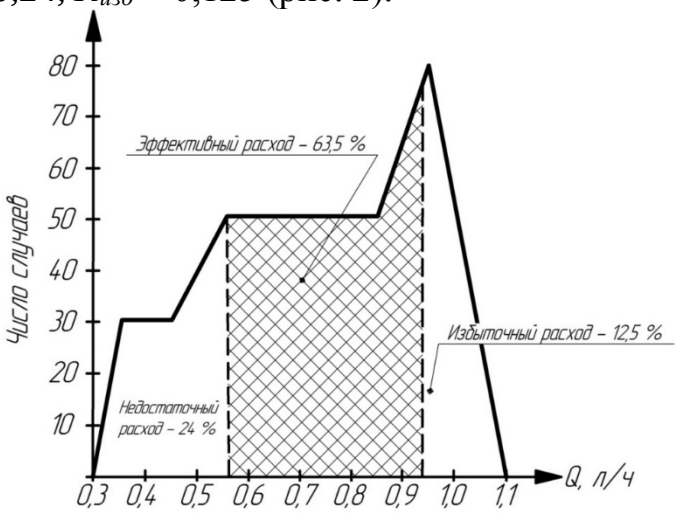


Рисунок 2 – Частотный график распределения капель через эмиттеры капельных линий до модернизации узла водоподготовки [9]

Использование капельного полива при возделывании кукурузы на зерно – это относительно новое звено в технологии возделывания данной культуры, которое постепенно приобретает распространение в мире, что обусловлено количественными и качественными показателями получаемого урожая в сравнении с дождеванием, высокой технологичностью производства, в том числе возможностью продления сроков посева. Обеспечение равномерности расхода поливной

воды по длине капельных линий за счет модернизации оросительной системы фильтрующей гидроциклонной установкой способствовало повышению выхода зерна кукурузы в среднем на 9% (8,7 т/га против 7,9 т/га на орошаемом участке с типовой станцией водоподготовки). Данный показатель достигнут в результате стабильного обеспечения расчетного слоя почвы и, соответственно, растений влагой, необходимой для получения запланированного урожая.

При средней стоимости 1 тонны зерна кукурузы 2 класса 8000 рублей (в ценах 2017) экономическая эффективность за счет повышения равномерности расхода воды по длине капельных линий составила 6,4 тыс. руб. на один гектар (640 тыс. руб. на 100 га). Суммарная эффективность на 100 га с учетом данных таблицы 1 составила 702 тыс. руб. относительно базового варианта 1 и 878 тыс. руб. в сравнении с базовым вариантом 2.

Таким образом, по результатам расчетов на 100 га получено, что оснащение реконструируемой оросительной сети фильтрующей гидроциклонной установкой обеспечивает ожидаемый экономический эффект на уровне 702 тыс. руб. при себестоимости 59% от базового варианта 1 – батареи из 4-х типовых гидроциклонов ГНС-250. Для базового варианта 2 – 2-х блоков из 2-х песчано-гравийных фильтров грубой очистки и 6-и дисковых фильтров тонкой очистки, экономия составит 878 тыс. руб. при себестоимости 38%.

Показатель увеличения урожая (на примере кукурузы на зерно) достигнут на уровне 9%, что связано с обеспечением равномерного расхода поливной воды по длине капельных линий и соблюдением поливных норм в течение всего периода орошения.

Список использованных источников

1. Шевченко, В.А. Капельное орошение с использованием дренажных вод на осушительно-увлажнительных гидромелиоративных системах / В.А. Шевченко, В.П. Максименко, В.К. Губин // Известия международной академии агарного образования. – 2018 – № 39. – С. 212-215.

2. Зволинский, В.П. Капельное орошение: достоинства и проблемы / В.П. Зволинский // Техника и оборудование для села. – 2011. – № 9. – С. 12-14.

3. Проектирование и расчет систем дождевания и капельного орошения сельскохозяйственных культур: методическое пособие / В.В. Мелихов, И.П. Кружилин, Н.Н. Дубенок [и др.] / ВНИИОЗ. – ООО «СФЕРА». – Волгоград, 2017. – 168 с.

4. Моделирование гидродинамических процессов в центробежном поле гидроциклонов: монография / А.Б. Голованчиков, А.Е. Новиков, М.И. Ламскова, М.И. Филимонов; ВолгГТУ. – Волгоград, 2017. – 199 с.

5. Физическое и математическое моделирование процессов центрифугирования: монография / А.Б. Голованчиков, А.Е. Новиков, М.И. Филимонов, М.К. Доан; ВолгГТУ. – Волгоград, 2018 – 155 с.

6. Повышение эффективности функционирования систем локального орошения со стальными магистральными трубопроводами [Текст] / А.Е. Новиков, М.И. Ламскова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и профессиональное образование. – 2014. – № 4. – С. 258-262.

7. РД. 10.11.1-89 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Программа и методы испытания. – Введ. 01.05.1989. – М.: Госагропром СССР, 1988. – 173 с.

8. Мелихов, В.В. Теория и практика возделывания кукурузы на зерно в ЦЧО и Поволжье (вопросы прикладной ботаники, генетики и селекции) / В.В. Мелихов. – М.: Вестник РАСХН, 2004. – 408 с.

9. Ламскова, М.И. Совершенствование и моделирование процесса водоочистки от частиц дисперсной фазы с разработкой фильтрующего гидроциклона: дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Ламскова Мария Игоревна. – Волгоград, 2018. – 202 с.

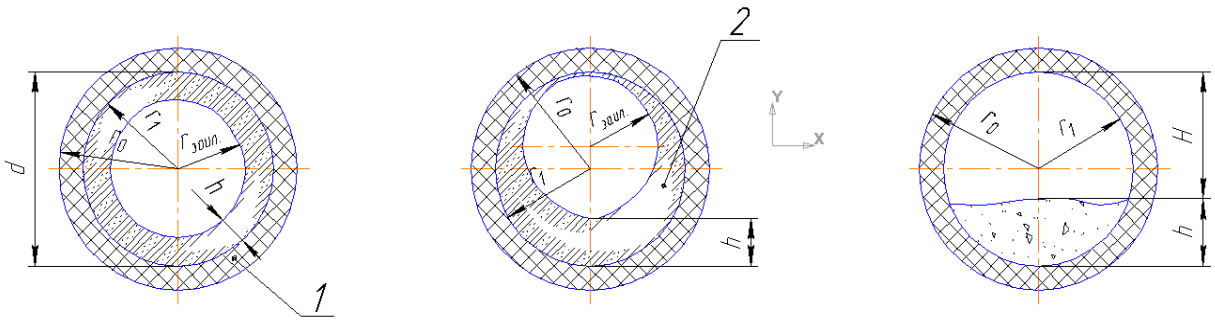
УДК.631: 621.034

ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ЗАИЛЕНИЙ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ АКУСТИЧЕСКИМИ ВОЛНАМИ

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

Главной причиной неудовлетворительной работы осушительных систем считается заиление дренажных трубопроводов, возникающее в результате поступающих через стыки трубок или водоприемные отверстия грунтовых отложений, химических и биологических соединений, корней растительности и живых организмов.

В соответствии с исследованиями Зубца В.М. и Вакара А.Е. при эксплуатации осушительных систем в зависимости от срока их службы, гидрогеологических условий залегания дренажа возможны следующие схемы заиления дренажных трубок (рис.1):



а б в

Рисунок 1 - Основные схемы заиления дренажных трубок

1 – дренажная трубка; 2 – наилок в трубке; r_0, r_1 – внешний и внутренний радиусы дренажной трубы; $r_{заил}$ – радиус внутренней полости трубы, свободной от заиления; H – высота внутренней полости трубы свободной от заиления; h – слой заиления; d – внутренний диаметр трубки:

- наилок откладывается слоем определенной толщины по всему периметру внутренней полости трубки, что характерно для заиления чисто железистыми соединениями химического или биологического происхождения (рис. 1а);

- основная часть наилка оседает в нижней части трубы, но по боковым стенкам труб также имеется частичный налет, что характерно для заиления частицами грунта в сочетании с железистыми соединениями (рис. 1б);

- основная часть наилка оседает в нижней части трубы, что характерно для заиления в основном частицами грунта, иногда осадок имеет слоистую структуру (сверху - налет железистых соединений, снизу – слой из слежавшихся частиц грунта (рис. 1в) [1].

Существуют различные методы очистки внутренней полости труб: механический, гидравлический, ультразвуковой и комбинированные (гидромеханический, гидродинамический, гидрокавитационный, электрогидроимпульсный и др.)

В настоящее время для очистки дренажных трубопроводов в основном применяются методы с использованием гидравлической энергии подаваемого потока воды, расходуемого для разрушения отложившихся наносов и транспорта их в виде пульпы.

Существующие методы очистки обладают высокой энергоемкостью процесса, при очистке используются значительные объемы промывочной воды, на проведение подготовительных работ (отрывка нескольких приямков по длине трубопровода, ручные земляные работы по вскрытию дренажной линии и т. д.) затрачиваются значительные материальные и трудовые ресурсы.

С целью снижения энергоемкости процесса и уменьшения количества расходуемой воды предлагается к применению комбинированный метод очистки внутренней полости трубопроводов, совмещающий первоначальное кавитационное разрушение отложений на отдельные фрагменты с последующим дополнительным их смывом и гидротранспортом в виде пульпы или совместно с гидроразмывающей головкой.

В работах Михайлова И.Г. и Сиротюка М.Г. показана эффективность ультразвуковой очистки внутренней полости промышленных трубопроводов от различных наслоений и отложений. Несмотря на многообразие действующих в этом процессе факторов, определяющим здесь следует считать кавитационный процесс, вызываемый ультразвуковым воздействием при активации не только чистых жидкостей, но и суспензий, к которым можно отнести и водно-грунтовую смесь отложений и промывочной воды), образующуюся при очистке дренажных систем [2,3,4].

Возможность применения метода ультразвуковой очистки также подтверждается техническими решениями в патентах на изобретения, например, в а.с. СССР № № 1147459 и 2486971.

При использовании ультразвукового процесса, основанного на возбуждении колебаний высокой частоты потока протекающей с расчетной скоростью в трубе промывной воды, возникают условия, позволяющие удалять все виды загрязнений, включая уплотненные наносы и железистые отложения.

Так как при кавитационном воздействии на разрушение единицы объема слежавшихся наносов расходуется гораздо меньше энергии и объема подаваемой воды, чем при гидравлическом размыве, а на гидротранспорт пульпы затраты энергии и воды одинаковы, то в результате удельная энергоемкость процесса очистки значительно снижается. Технологию ультразвуковой очистки внутренней полости трубопроводов и технологические параметры процесса очистки подбираются в каждом конкретном случае.

Исследования, проведенные Зубриловым С.П., позволили установить, что при ультразвуковом измельчении суспензий процесс происходит за счет кавитации и взаимного трения в потоке быстро движущихся и соударяющихся частиц минеральных и химических отложений в две фазы. В первой фазе, протекающей в сравнительно длительный срок (десятые доли секунды), дробление происходит благодаря наличию в разрушаемых отложениях большого количества микротрещин и поверхностных кратеров, поэтому изначально трение частиц отложений о воду и взаимные соударения частиц играют определяющую роль [5].

Во второй фазе разрушение происходит за счет кавитационных ударных волн и ультратонких скоростных течений, формирующих в отложениях новые макротрещины и разломы.

По данным исследователей Михайлова И.Г. и Зубрилова С.П. кавитационный порог для чистой воды, то есть интенсивность ультразвука, при которой начинает проявляться кавитационный эффект, составляет в среднем 3–7 Вт/см^2 при частоте 20 кГц, а для других частот, назначение которых зависит от вида жидкости и отложений, условий проведения процесса дробления и требуемого после измельчения размера частиц выносимого материала может возникать и при более низкой интенсивности [2,5].

На основании существующих положений и рекомендаций выполняется предварительный расчет параметров ультразвукового оборудования (генератора и излучателя) с целью определения пороговой интенсивности и необходимого диапазона частот ультразвукового генератора [3,5].

В зависимости от конкретных условий проведения работ (материал дренажного трубопровода, тип наилка, схема и степень заиления дрены, протяженность участка заиленного трубопровода и т. д.) можно подобрать серийно выпускаемое ультразвуковое оборудование с требуемыми техническими характеристиками и наиболее эффективным сменным излучателем энергии (магнитострикционным или пьезоэлектрическим). При этом оборудование в зависимости от протяженности промываемого участка дренажной линии можно устанавливать при помощи патрубка-переходника в истоке дренажного трубопровода (рис. 2) или на месте обнаружения непроходимого засора с отрывкой приямка и разрушением участка дренажного трубопровода.

Например, для выполнения ремонтно-восстановительных работ на мелиоративных системах возможно использование серийно выпускаемого отечественной промышленностью самонастраивающегося по частоте ультразвукового прибора Узо-Водопровод, внешний вид, комплектация и технические характеристики которого приведены на рисунке 3 и в таблице 1.

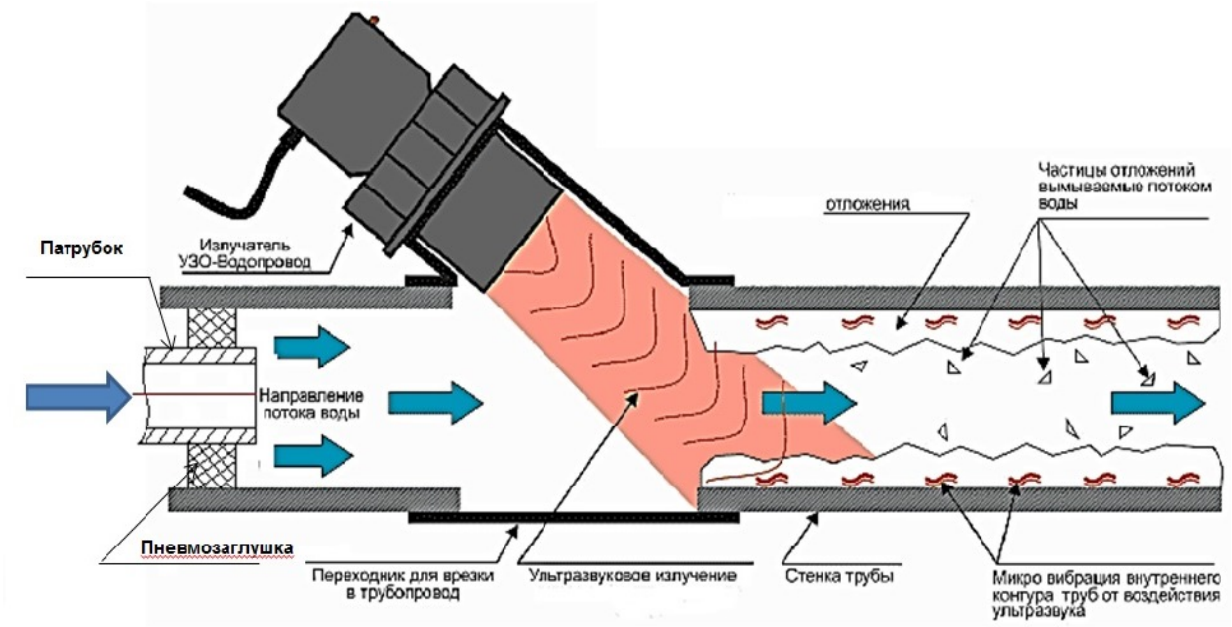


Рисунок 2 - Схема установки ультразвукового генератора на истоке дренажного трубопровода посредством универсального патрубка – переходника

1.УЗ излучатель для ПВХ труб; 2.УЗ излучатель для металлических труб; 3.Общий вид прибора с одним из монтажных комплектов; Доп. аксессуары приобретаемые отдельно: 4.Переходники для металлических и ПВХ труб; 5.Удлинители.

Рисунок 3 - Внешний вид, комплектация и технические характеристики ультразвукового прибора Узо-Водопровод

Таблица 1 -Технические характеристики ультразвукового прибора Узо-Водопровод

Технические характеристики	УЗО-Водопровод BIOSONIC W (металл) BS-W-M	УЗО-Водопровод BIOSONIC W (ПВХ) BS-W-P
Питание	220-240 Вт	
Потребляемая мощность	60 Вт	
Рабочая частота УЗ-колебаний	20-80 кГц	
Габариты эл. блока (ДхШхВ)	180 х 180 х 77 мм	
Длина кабеля УЗ-излучателя	1 м	
Вес прибора в упаковке	3,5 кг	4 кг

Один прибор УЗО-Водопровод (по данным завода-изготовителя) способен очистить с каждой установки внутренний контур (полость) трубопровода длиною до 500 метров.

Выводы

1. Наиболее распространенный гидроразмывающий метод очистки внутренних полостей дренажных трубопроводов недостаточно эффективен при удалении наносов. Сдерживающим фактором указанного метода также является необходимость в подаче при высоких напорах значительных объемов промывочной воды, что значительно повышает энергоемкость и стоимость процесса очистки при необходимости регулярного пополнения объемов используемой воды.

2. Среди физических методов очистки одним из наиболее перспективных является ультразвуковая обработка, однако, ни экспериментальных, ни теоретических исследований по ультразвуковой очистке осушительного дренажа в литературе не обнаружено, что затрудняет выбор конкретных рекомендаций по применению существующего оборудования и сравнение показателей эффективности ультразвуковой промывки с другими способами.

Список использованных источников

1. Зубец В.М., Вакар А.Е. Эксплуатация закрытых осушительных систем /В.М. Зубец, А.Е. Вакар, М.: ВО Агропромиздат, 1989.

2.Михайлов И.Г. Распространение ультразвуковых волн в жидкостях/И.Г. Михайлов, М.: ГТТИ, 1949.

3. Сиротюк М.Г. Акустическая кавитация / М.Г. Сиротюк, М.: Наука, 2008.

4. Михайлов И.Г. Ультразвук и его применение / И.Г. Михайлов, М.: Физиздат,1958.

5.Зубрилов С.П. Физико-химические аспекты ультразвуковой активации вяжущих материалов. – Дисс. на соиск. уч. ст. д.т.н., Л.: 1975.

УДК. 631 : 626.2

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВИДЕОДИАГНОСТИКИ ЗАИЛЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

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

В процессе эксплуатации трубопроводов водохозяйственных сетей происходит постепенное уменьшение их пропускной способности. Это связано с накоплением отложений наносов, мусора и заохривающих образований, процессами внутренней коррозии, вызывающих накопление ее продуктов в местах стыковки труб. Уменьшение пропускной способности трубопроводов ведет к резкому снижению эффективности их работы, а накопление отложений в трубопроводах ухудшает качество перекачиваемой воды.

Для поддержания стабильной пропускной способности необходимо проводить регулярный контроль и последующую очистку внутренней полости трубопроводов. Одним из современных способов контроля за техническим состоянием трубопроводной сети является видеодиагностика внутренней полости труб.

Видеодиагностика позволяет определять техническое состояние трубопроводов мелиоративного и хозяйственного назначения, наблюдательных скважин, смотровых колодцев и т.д. Как правило, ее проводят с помощью миниатюрной видеокамеры, закрепленной на длинном упругом стержне, соединенном с системами управления и контроля. Оборудование используется даже в частично заполненном водой трубопроводе.

Достоинством широкого применения данного метода в различных отраслях народного хозяйства является возможность оперативного получения информации для принятия технически обоснованных решений по очистке трубопроводов. Применение традиционных методов предусматривает отрывку траншей, вскрытие трубопроводов и связано с существенными затратами трудовых и материальных ресурсов.

Проведение диагностики необходимо при длительных сроках эксплуатации трубопроводов без проведения ремонтно-восстановительных мероприятий. По результатам видеодиагностики выдаются рекомендации, позволяющие проводить адресный ремонт сетей, принимать решения о целесообразности и очередности замены наиболее аварийных участков или перекладки трубопроводов.

С помощью систем видеодиагностики возможно принимать решение о выборе наиболее эффективного метода ремонта или применении рабочего органа (насадки). Дополнительно можно оценить результаты работ после проведения прочистки или перекладки трубопроводов.

Применение данного метода обеспечивает следующие основные преимущества:

– экономию средств, необходимых на ремонт и восстановление работоспособности системы за счет принятия наиболее обоснованного технического решения и путем исключения из плана восстановления работоспособных участков системы.

Сегодня на рынке представлено оборудование известных ведущих фирм, специализирующихся на производстве систем телеконтроля и диагностики трубопроводов, IBAK (Германия), RAUCH (Германия), General Pipe Cleaners (США), iPEK (Германия), Gejos (Германия), Laval Underground Surveys (США), Cues (США), Best Cam (Китай) и др.

В Москве данные системы разрабатывает и производит НПО ТАРИС в основном для нужд коммунального хозяйства.

Комплекс средств диагностики КСД-160 [1] предназначен для обследования осушительных систем и позволяет в режиме реального времени контролировать на экране видеомонитора внутреннее состояние трубок закрытого дренажа.

Комплекс представляет собой проталкиваемую систему телеконтроля, состоящую из цветной видеокамеры, стеклопластикового стержня, барабана, блока управления, и способен обеспечивать контроль труб закрытого дренажа диаметром от 50 до 250 мм (рис. 1).

Рисунок 1 - Комплекс средств диагностики КСД-160

С помощью оборудования КСД-160 можно получить большой объем качественной информации о состоянии обследуемого дренажа, сохранить полученные изображения для дальнейшего изучения, обнаружить с поверхности земли места повреждений дренажных трубок.

Наблюдения за внутренним состоянием дренажной сети при помощи цветной видеокамеры позволяют обнаруживать даже небольшие повреждения, смещения трубок, посторонние предметы, фиксировать точное местоположение и характер дефекта, частично определять состояние придреннного пространства.

Технология определения внутреннего состояния закрытой дренажной сети с помощью комплекса КСД-160 имеет следующие основные преимущества:

– экономия средств, выделяемых на ремонт и восстановление работоспособности дренажа, за счет принятия наиболее обоснованного технического решения о методе восстановления системы;

– экономия средств путем исключения из планового ремонта работоспособных участков дренажной системы, за счет получения достоверной информации о состоянии дренажа.

Телеинспекционная камера BestCam3388 DNT [2] представляет собой проталкиваемую систему телеконтроля, состоящую из цветной видеокамеры со встроенным зондом с рабочей частотой 512 Гц, упругого кабеля длиной до 40 м, укладываемого в специальный кейс, блока управления, и способна обеспечивать контроль внутренней полости труб диаметром от 25 до 120 мм (рис. 2).

Рисунок 2 - Телеинспекционная камера BestCam3388 DNT

Телеинспекционный комплекс BestCam3388 T [2] представляет собой проталкиваемую систему телеконтроля, состоящую из цветной видеокамеры со встроенным зондом, оснащенной счетчиком пройденного расстояния и дополнительными центраторами, упругого кабеля диаметром 9 мм и длиной до 90 м, укладываемого на специальный барабан, блока управления, и способен обеспечивать контроль внутренней полости труб диаметром от 60 до 400 мм (рис. 3).

Рисунок 3 -Телеинспекционный комплекс Best Cam 3388 T

Телеинспекционная камера TIS 08 - 80 SR2 [2] представляет собой проталкиваемую систему телеконтроля, состоящую из цветной видеокамеры со встроенным маяком-трансмиттером, оснащенной автоуровнем и дополнительными центраторами, упругого кабеля длиной до 80 м, укладываемого на специальный барабан, штатного и переносного блоков управления, и способен обеспечивать контроль внутренней полости труб диаметром от 50 до 500 мм (рис.4).

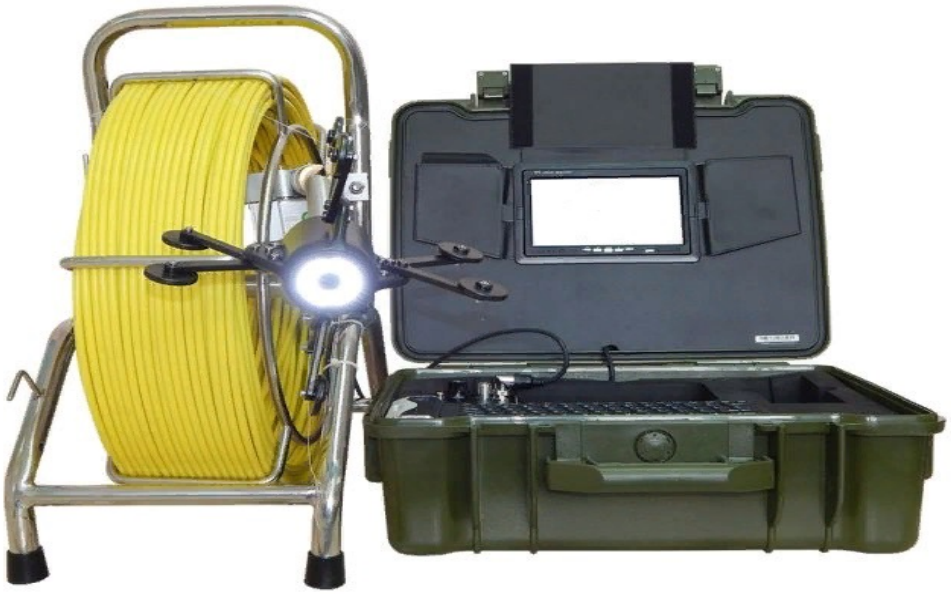


Рисунок 4 - Телеинспекционная камераTIS 08 - 80SR

Телеинспекционный комплекс PIPE- CamPC 29 – 8 [2] представляет собой проталкиваемую систему телеконтроля, состоящую из цветной видеокамеры, упругого кабеля длиной до 30 м, укладываемого в специальный кейс, блока управления, и способен обеспечивать контроль внутренней полости труб диаметром от 50 до 250 мм (рис. 5).

Рисунок 5 –Телеинспекционный комплекс PIPE-CamPC 29 - 8

Таблица 1 – Технические характеристики существующих средств видеодиагностики

Прибор / Показатели	КСД-160	BestCam3388 DNT	BestCam 3388 T	TIS 08 - 80 SR2	PIPE-CamPC 29 - 8
Камера	Цветная с встроенным зондом, с корпусом из нержавеющей стали и сапфировым защитным стеклом				
Диаметр труб	50 -250мм	25 -120 мм	60 – 400мм	50 - 500 мм	50 – 250 мм
Освещенность	12 белых светодиодов	12 белых светодиодов	18 белых светодиодов	42 белых светодиода	15 белых светодиодов
Частота излучения зонда	-	512 Гц	-	-	-
Угол обзора	75°	80°	80°	120°	120°
Максимальная дальность	150 м	20 м, 40 м	90 м	80 м	50 м
Диаметр кабеля	12 мм	5 мм	9 мм		5,2 мм
Тип монитора	Цветной LCD монитор 7 дюймов	Цветной LCD монитор 7 дюймов	Цветной LCD монитор 10 дюймов	Цветной LCD монитор 7 дюймов	Цветной LCD монитор 8 дюймов
Встроенное устройство записи	Запись на USB-flash накопитель или Micro SD				
Блок питания		12 VDC / 1800 mAh	12 VDC / 4400 mAh.	12 VDC / 4400 mAh.	12 VDC / 6600 mAh.
Время работы от полного заряда		до 4 часов	до 4 часов	до 4 часов	до 6 часов
Примерная отпускная цена тыс. руб.		105	300	230	150

Все описанные комплексы выполняют полный перечень операций по диагностике трубопроводов. Представленное оборудование белорусского и китайского производства (табл.1) возможно приобрести в России через лицензированных посредников.

Выводы

1. В настоящее время для проведения работ по диагностике технического состояния мелиоративных сетей можно рекомендовать сравнительно дешевые и простые в эксплуатации средства инспекции с перемещением видеокамер внутри трубопровода методом проталкивания.

2. По техническим возможностям, простоте обслуживания и стоимостным показателям для применения в мелиорации предпочтительнее использовать комплекс КДС-160 (Беларусь) и оборудование TIS 08 - 80 SR2 (Китай) с встроенным маяком-трансмиттером, автоуровнем и дополнительными сменными центраторами.

Список использованных источников

1. Комплекс средств диагностики внутреннего состояния закрытого дренажа КСД-160, разработанный и выпускаемый РУП «Институт мелиорации», республика Беларусь [Электронный ресурс](http://www.niimel.by), дата обращения 15.08.2019.

2. Комплексы средств диагностики китайского производства, реализуемые и применяемые в России фирмами, специализирующимися на обслуживании закрытых трубопроводных систем [Электронный ресурс], дата обращения 15.08.2019.

УДК 389:631.612

ИСТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ЦЕНТРА ВНИИГИМ И РАЗВИТИЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МАШИН

В.С. Пунинский
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

Для своевременного обновления парка технических средств, оказания методологической и практической помощи сельским товаропроизводителям, организациям агромелиосервиса и строительства требуется создание информационно-регламентирующего документа включающего цифровую базу данных перспективных технологий и технических средств, входящих в перечень работ по восстановлению функционирования мелиоративных сетей.

Материалы и методы. Исследования проводились по общепринятым методикам с использованием научно-практических методов определения прогнозных технико-экономических показателей ведущих машин и обобщением существующих цифровых баз данных [1, 2].

Результаты и обсуждение. Разработаны в 2018 году «Структура и новые принципы формирования Федеральной системы машин» на основе обоснования приоритетных площадей и объектов для восстановления, реконструкции и эксплуатации мелиоративных систем [3].

Новые принципы включают:

- Приоритетность работ;
- Учет закономерностей взаимодействия ресурсных составляющих;
- Равнопрочность узлов и механизмов;
- Энергосбережение;
- Конкурентоспособность.

Базовые основы включают:

- Цифровые базы данных;
- Робототизацию рабочих процессов;
- Замену ДВС с переходом на электро и гидропривод рабочих органов;
- Автоматизацию технологических процессов управления рабочими органами машин;
- Модульность создания и унификация перспективных комбинированных агрегатов.

Разработанные основы федеральных регистров базовых технологий и технических средств позволяют систематизировать опыт производства мелиоратив-

ных работ и на их основе осуществлять в новых экономических условиях наиболее обоснованный выбор средств механизации и рациональных технологий, обеспечивающих повышение производительности труда, снижение материальных ресурсов и сроков возвращения земель в сельскохозяйственный оборот [4]. При этом обосновано, что снижение потребности в объемах использования специальных мелиоративных машин возможно путем совершенствования технологий работ на базе новых комбинированных агрегатов, обеспечивающих ресурсосбережение за счет сокращения многопроходности ведущих машин, адресности внесения технологических материалов, одновременной подготовки и утилизации растительно-грунтовой массы, мелкой щепы, донного ила [5].

История развития мелиоративной науки в области механизации работ, связана с созданием в средине 50 годов прошлого века «Системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства», где в разделе растениеводства первоначально было предусмотрено создание около 10 наименований мелиоративных машин и применение нескольких поставленных на производство машин для освоения земель.

ВНИИГиМу поручалась разработка «Основных направлений научно-технического прогресса в мелиорации земель». В эти документы в основу научно - технического прогресса в мелиорации закладывались новые прогрессивные способы орошения и осушения, совершенствование конструкций гидромелиоративных систем, технологий их строительства и эксплуатации с учетом требований комплексного регулирования факторов жизни растений и охраны окружающей среды, создание автоматизированных систем управления в мелиорации.

Для реализации этих направлений предложен ряд прогрессивных решений для строительства мелиоративных сооружений. В области механизации мелиоративных работ были разработаны, испытаны и переданы в производство новые технологии строительства оросительных и осушительных каналов глубиной до 3,0 м машинами непрерывного действия; закрытого дренажа с применением траншейных, узкотраншейных и бестраншейных экскаваторов-дреноукладчиков и лазерных систем управления; планировки орошаемых земель с помощью короткобазовых автоматизированных планировщиков; механизации ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных системах и водохранилищах; рыхления мелиорируемых земель; малоотходные и безотходные технологии производства культуртехнических работ.

В целях ускорения работ по созданию новых землеройных и мелиоративных машин, улучшения организации их испытаний и сокращения сроков внедрения в мелиоративное строительство на ВНИИГиМ им**.** А.Н. Костякова были возложены функции головной организации отрасли по вопросам комплексной механизации мелиоративных работ. Предусматривалось проведение работ по: а) – созданию новых технологических процессов по строительству и эксплуатации мелиоративных систем; б) - разработке и созданию новой мелиоративной техники; в) - автоматизации технологических процессов с использованием лазерной техники; г) - испытанию мелиоративных машин; д) внедрению технологических процессов и новой мелиоративной техники. Поручалось создать в институте для

этого новые и укрепить существующие подразделения по механизации мелиоративных работ, созданию и производству новой мелиоративной техники. Организовать отделы (лаборатории) по испытаниям машин для мелиоративных работ.

В целях улучшения организации испытаний мелиоративной техники в январе 1986 г был организован сектор методов и организации испытаний, на который было возложено выполнение работ по планированию, координации, методическому руководству и организации проведения испытаний мелиоративной техники.

В сентябре 1986 г. в целях ускорения темпов создания, освоения и широкомасштабного внедрения высокоэффективных технологических процессов и новой мелиоративной техники был создан Инженерный центр по механизации мелиоративных работ. В состав Инженерного центра были включены: а) - отделы технологии, механизации и организации строительства, технологии ремонтно-эксплуатационных работ, перспектив развития механизации мелиоративных работ ВНИИГиМ (г Москва); б)- временный коллектив «Луч» (г Москва); в) - опытно-конструкторское бюро ВНИИГиМ с опытным производством (г. Дмитров). Созданы зональные технические комплексы по механизации строительных и ремонтно-эксплуатационных работ на базе комплексных отделов по опытно-производственному внедрению новых машин и механизмов.

Инженерный центр являлся специализированной организацией, предназначенной для широкомасштабного внедрения в народное хозяйство крупных научно-технических достижений в области механизации мелиоративных работ, выполняемых по отраслевой и межотраслевой кооперации. Основными задачами Инженерного центра были: а) - выполнение функции головной организации отрасли по вопросам комплексной механизации мелиоративных работ; б) - создание новых технологических процессов по строительству и эксплуатации мелиоративных систем; в) - разработка комплексов машин и создание новой мелиоративной техники; г) - автоматизация технологических процессов с использованием лазерной и микропроцессорной техники; д) - испытание мелиоративных машин; е) - разработка нормативной и технологической документации для освоения и внедрения новой техники и технологии; ж) - широкомасштабное внедрение технологических процессов и новой мелиоративной техники, а также технико-экономические обоснования и разработка вопросов управления водохозяйственным строительством; з) - консультирование и обучение инженерно-технических работников и машинистов эффективной эксплуатации и использованию новой мелиоративной техники. Координация деятельности отделов и организаций входящих в Инженерный центр и выполнение работ по планированию проводились сектором методов и организации испытаний. На этот сектор было возложено методическое руководство и организация проведения испытаний мелиоративной техники в системе Минводхоза СССР.

В состав Инженерного центра входили научные подразделения института, МГМИ, опытно-конструкторское бюро ВНИИГиМ с опытным производством. Для эффективного внедрения новой техники и прогрессивной технологии в составе Инженерного центра были созданы зональные технические комплексы на базе лабораторий испытаний НПО и институтов, организаций Оргтехводстроя и

опорно-показательных строительных организаций. На зональные технические комплексы (ЗТК) возлагались задачи: а) - проведение испытаний и освоение новой техники и прогрессивной технологии; б) - организация и доведение комплексов машин до проектной выработки; в) - разработка нормативно-технической документации по опытно-производственному внедрению новой мелиоративной техники и прогрессивной технологии; г) - консультации и обучение специалистов и машинистов эффективным приемам и эксплуатации новой техники.

Работы Инженерного центра выполнялись на основании хозяйственных договоров. По агротехническим требованиям ВНИИГиМа, созданы и освоены в производстве ряд машин и лазерных систем управления для выполнения строительных и ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных системах: самоходные скреперы; комплексы машин для строительства дренажа с перегружателем фильтрующих материалов и строительства закрытых оросительных систем; роторные экскаваторы-каналокопатели непрерывного действия; бетоноукладочный комплекс машин; автоматизированные короткобазовые планировщики; лазерные системы для управления глубиной копания и курсом мелиоративных машин; мелиоративные земснаряды; каналоочистители с оборудованием для очистки бетонированных каналов; многоцелевой каналоочиститель с комплектом сменного рабочего оборудования; корчевальные агрегаты, кусторезы, рыхлители и другие машины и средства механизации и автоматизации.

Испытательные подразделений ЗТК Инженерного центра испытывали технику по аттестованным методикам и по типовым программам. Перед испытаниями разрабатывались рабочие программы и методики испытаний, включающие все оценки, проводимые на МИС и дополнительно мелиоративную оценку, что позволило повысить надежность машин и качество выполнения мелиоративных работ. В этот период ежегодно проводились приемочные и периодические испытания более 80 наименований мелиоративной техники. В разработанную Инженерным центром, как самостоятельный документ, «Систему технологий и машин для комплексной механизации мелиоративных работ» предусматривалось включение только технических средств, прошедших предварительные или приемочные испытания и одновременно создавалась цифровая база данных для контроля реализации системы машин.

Этот документ федерального значения регламентировал создание, испытания и внедрение в производство новых технологий и техники, служил основой для разработки требований в конкурсной документации на закупку технических средств.

Разрабатывать новый регистр типовых технологий рекомендуется на основании результатов завершенных исследований. Структура регистра должна содержать блоки (регистры категорий работ) и подблоки (модули технологий по видам выполняемых работ, содержащие наименования, марки технических средств, выполняющих операции, обобщенные показатели, характеризующие осуществление технологических процессов).

Структура сводного перечня технических средств представляется в виде совокупности регистров. Каждый раздел регистра по видам технических средств

должен содержать общие, наиболее важные сведения о технике, включенной в него.

Федеральный регистр технических средств содержит наименование, исходные показатели, назначение, состояние производства машин данное на 01.01.2020 г. и обозначенное следующими буквенными индексами:

$П_Р$- находится на производстве и присутствует на рынке;

$П_З$- производство приостановлено, выпуск может осуществиться по заявкам потребителя;

М- может выпускаться, но требует модернизации;

$Е_З$- единичный выпуск по контракту, но подлежит замене;

Р- рекомендована на производство, имеет документацию и сертификат, уточняется изготовитель;

И- проходит испытания, определяется изготовитель;

Н- подлежит разработке или проходит предварительные испытания.

В обосновании технических средств включаемых в регистр приводятся данные: а) - по обслуживающему персоналу (количество, специальность); б) - марка и тип двигателя; наличие сертификата по результатам испытаний; в) - габаритные размеры машин в транспортном и рабочем положении, мм.; г) - коэффициент готовности по оперативному времени; д) - коэффициент технического использования по результатам периодических испытаний в производственных условиях; е) - проект заводской стоимости технического средства.

Для формирования системы машин и информационного обеспечения ее реализации в 2018 г разработана организационная схема (рисунок 1).

На основании исследований определены основные показатели комбинированных агрегатов, рекомендуемых к использованию в ресурсосберегающих технологиях в качестве ведущих машин. Вспомогательные технические средства в рекомендуемых технологиях позволяют проводить диагностику закрытой коллекторно-дренажной сети и состояния сельскохозяйственного угодья, подготовительные и заключительные операции технологических процессов.

Выводы

1. Предлагаемые методические подходы к формированию и созданию Федеральной системы машин указывают на сложность и многопрофильность работы, а также, что цифровая база данных и ее функционирование должны обеспечить потребности производителей мелиоративных и водохозяйственных работ в средствах труда с учетом ограниченности ресурсного потенциала и недостаточного платежеспособного спроса потребителей.

2. Реализация предлагаемых основ федеральных регистров базовых технологий и технических средств позволяет повысить целенаправленность и эффективность научных исследований в области технического обеспечения мелиоративных работ на сельскохозяйственных землях, снизить риск продаж специальной техники и подготовки оснастки для ее изготовления.

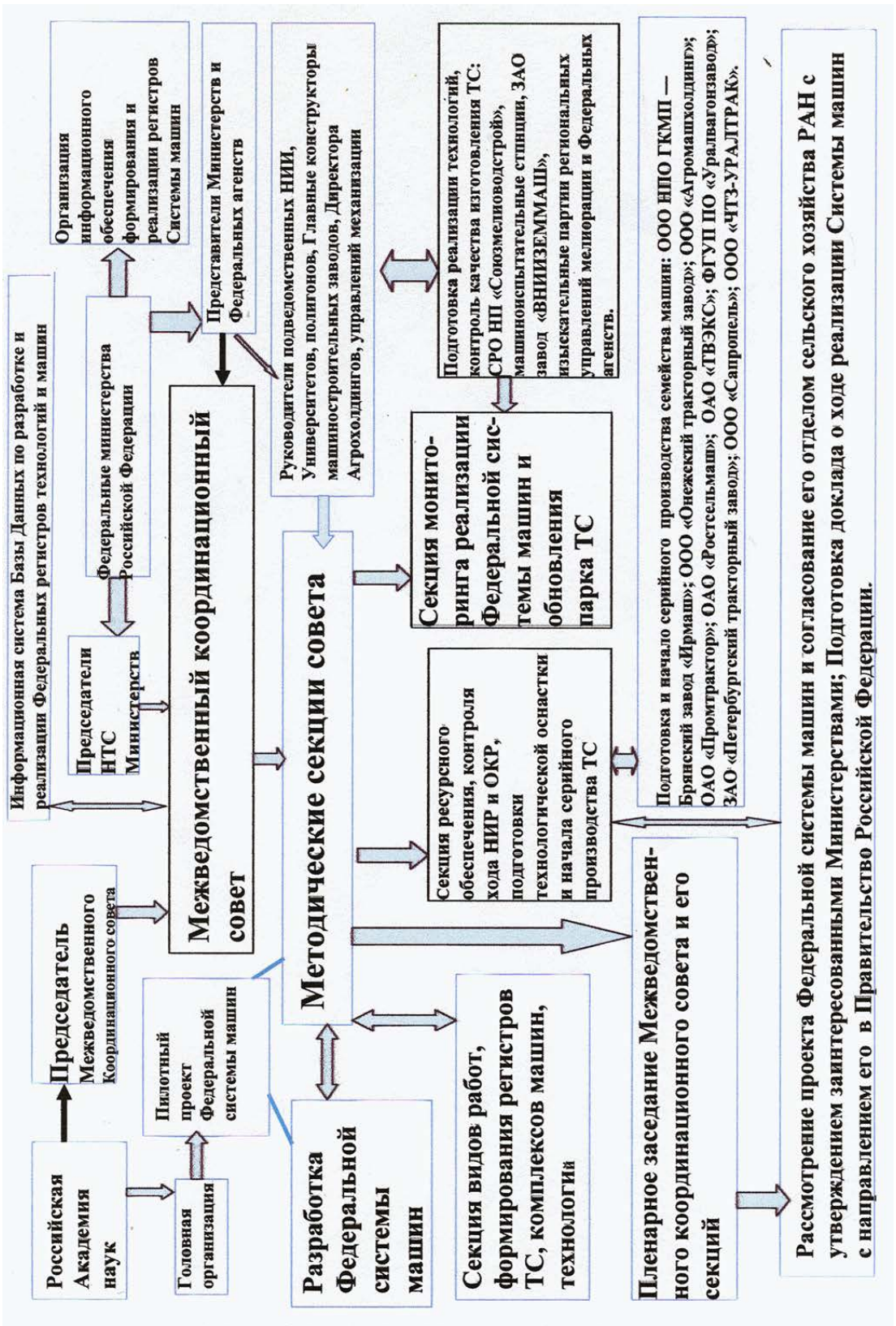


Рисунок 1 - Организационная схема совершенствования, информационного обеспечения и реализации Системы машин

Список использованных источников

1. Отчет о реализации I этапа (2014-2016 годы) Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы.» – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. - 80 с

2. Басс, В.Н. «Методические указания по эксплуатации автоматизированной системы сбора данных о наличии парка машин и механизмов, находящихся на балансе региональных мелиоративных организаций» /В.Н. Басс, В.С. Пунинский //- М.: ВНИИГиМ. -2002,-26.

3. Пунинский, В.С. Система машин для комплексной механизации мелиоративных работ и техника для мелиорации деградированных кормовых угодий / В.С. Пунинский // Журнал: «Кормопроизводство», ISSN 1562-0417, № 4, 2018. - с.37 – 45.

4. Пунинский, В.С. Совершенствование механизации технологических процессов биомелиорации и водорегулирования на деградированных землях / В.С. Пунинский // Мелиорация земель - неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации. Материалы международной научно-практической конференции 24-25 октября 2018 г. –М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019. - с 256-262.

5. Кизяев, Б.М. Методические основы формирования федеральных регистров технологий и машин для эксплуатации, ремонта и реконструкции мелиоративных сетей / Б.М Кизяев, В.С. Пунинский // Научные подходы и технические решения мелиорации земель, водообеспечения и водопользования в АПК. Сборник научных трудов- М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019.- с 129-138.

УДК 66.081.63.631.862.2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

М.И. Филимонов[1,2], А.Е. Новиков[1,2], М.И. Ламскова[2], Т.Г. Константинова[1]
[1]ФГБНУ ВНИИОЗ, г. Волгоград, Россия;
[2]ФГБУ ВО ВолгГТУ, г. Волгоград, Россия

В основе экологической безопасности, как России, так и других государств мира заложено рациональное природопользование. Однако в условиях индустриализации и усиливающегося антропогенного воздействия на экосистемы имеется негативная тенденция роста объемов отходов производства и потребления, из которых переработке подлежит лишь малая часть, а остальная часть утилизируется на полигонах, тем самым ухудшая экологическое благополучие окружающих их территорий. За период с 2010 г. по 2017 г. в России образование отходов возросло почти в два раза – с 3,74 млрд т до 6,22 млрд т, при этом суммарная величина накопленных отходов к 2017 г. достигла 38,1 млрд т, 99% которых относится к V классу опасности. Утилизации в 2017 году было подвержено не многим более половины отходов – 52,2%, образованных за тот же период, из которых 63,2% или 2,05 млрд т были повторно использованы в системе рециклинга [1,2]. Столь скромные значения объясняются низкой технической оснащенностью и несовершенством технологий, применяемых на отечественных утилизационных комбинатах.

В системах водопользования объем образуемых сточных вод варьируется от 35 до 42 млрд м^3 при ежегодном водозаборе в 60-70 млрд м^3, что наносит не меньший экологический ущерб. По видам экономической деятельности сельскохозяйственная отрасль находится на втором месте после сектора энергопроизводства с объемом образуемых сточных вод около 6018 млн м^3 и тенденцией ежегодного увеличения примерно на 30% [1].

Учитывая, что 12,3% стоков подвергаются частичной биологической очистке, а 53,6% сбрасываются в водоемы с концентрацией опасных компонентов, превышающей санитарно-гигиенические требования, уместно говорить о высоком уровне риска эпидемий и вспышек различных заболеваний в районах сброса [3]. Для снижения экологической напряженности и интенсификации процессов переработки стоков необходимо направить усилия специалистов на совершенствование существующих и разработку новых комплексов природоохранных технологий, основу которых составляет водоочистка. В общем случае, очистка сточных вод - это многоэтапный процесс, включающий предварительную и механическую обработку и дезинфекцию, причем основная нагрузка по удалению нерастворенных минеральных и органических примесей ложится на вторую стадию водоочистки [4]. Таким образом, эффективность работы очистных сооружений обусловлена разделительной способностью оборудования стадии механической обработки.

В последние годы наблюдается повышенный интерес к машинам и аппаратам, использующим в своей работе силы центробежного поля для выделения дисперсионной составляющей из жидкой фазы [5, 6]. Возможность отделения частиц размером более 5 мкм при их концентрации в суспензии до 40% делает это оборудование незаменимым в системах водоочистки. Однако использование типовых конструкций не всегда обеспечивает требуемую производительность, поскольку образующийся при разделении суспензий осадок, уплотняется и приводит к повышению гидравлического сопротивления.

Для интенсификации центробежного разделения и, соответственно повышения производительности, была разработана фильтрующая центрифуга (рис.1), конструкция которой включает в себя кожух 3 с установленным внутри ротором 4, оснащенным ситом 5 [7]. Вращение ротора с ситом осуществляется через вертикально расположенный вал 1 с помощью электропривода 2. Осесимметрично валу в роторе на штанге 6 жестко закреплен диск 7, выполненный в форме эллипса, а в нижней части ротора установлено кольцо 8, имеющее также форму эллипса, при этом необходимо соблюдать следующее соотношение:

$$\frac{d}{D} = 0{,}82...0{,}92.$$

Для подачи суспензии и отведении очищенной жидкости (фугата) центрифуга оснащена штуцерами 9 и 10 соответственно.

Предложенная конструкция центрифуги работает следующим образом. Фильтруемую жидкость подают через штуцер 9 в нижнюю часть цилиндрического ротора 4, где находится щелевой зазор между диском 7 и кольцом 8. Одновременно включают электропривод 2, который вращает вал 1 с прикрепленным к нему ротором. Под действием центробежной силы жидкость прижимается к боковой стенке цилиндрического ротора 4 и продавливается через отверстия сита 5, при этом механические частицы задерживаются на его внутренней поверхности. Так как диск 7 и кольцо 8 имеют форму эллипса, то при вращении

кольца 8 вокруг диска 7 щелевой зазор между деталями постоянно меняется – то уменьшаясь до минимума, то возрастая до максимума.

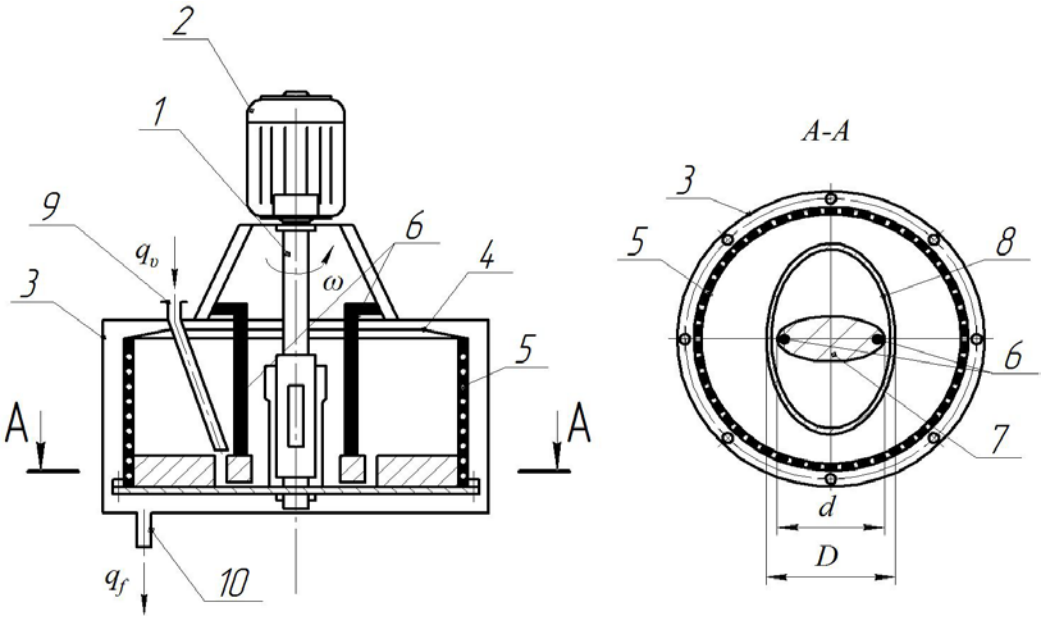


Рисунок 1 – Фильтрующая центрифуга (позиции по тексту)

Цикличное изменение щелевого зазора способствует изменению от максимума до минимума момента сопротивления при вращении кольца 8 относительно диска 7. За один оборот вала 1 изменения момента сопротивления происходят дважды, соответственно, то затормаживая, то ускоряя вращение кольца 7 вместе с валом 1 и ротором 4. Эти крутильные колебания приводят к тиксотропному разжижению осадка, накапливаемого на внутренней стенке сита 5, уменьшению его эффективной вязкости и стеканию осадка на днище цилиндрического ротора 4. Непрерывное разжижение осадка уменьшает его гидравлическое сопротивление, увеличивает скорость центробежной фильтрации через сито и приводит к росту производительности.

Стоит отметить, что достижение нормативных экологических показателей сточных вод обеспечивается не только удалением механических примесей, но и снижением содержания микроорганизмов: бактерий, вирусов и паразитов. Наибольшую популярность приобрел метод обеззараживания стоков с применением хлорсодержащих дезинфектантов, направленный на создание условий для гибели патогенной микрофлоры и паразитов. Широкое распространение хлорирования обусловлено его экономичностью, высокой эффективностью бактерицидного действия и простотой конструктивного исполнения водоподготовительного оборудования. Лимитирующим фактором повсеместного использования хлорсодержащих соединений для обеззараживания сточных вод выступает опасность образования токсичных и мутагенных веществ, резко ухудшающих качество очищаемой воды.

Помимо химической дезинфекции на практике активно применяется сбраживание сточных вод в биоэнергетических установках, в ходе которого образуется твердый осадок (эффлюент), очищенная вода и биогаз. Организация стабильного процесса возможна при соблюдении узкого температурного интервала,

что в зимнее время сопровождается повышением энергетических затрат на обогрев. Кроме того, для предотвращения образования «мертвых зон» и расслоения осадка необходимо организовать его перемешивание. Совокупность перечисленных требований для нормальной работы биоэнергетических установок по обеззараживания стоков резко снижает их энергетическую и экономическую эффективность.

Альтернативой рассмотренным способам дезинфекции стоков выступает их фильтрование с применением полупроницаемых мембран (ультрафильтрация), которые представляют собой микропористый пленочный материал на подложке из полиамидов, фторопласта и ацетатов целлюлозы [8]. В основе процесса ультрафильтрации лежит способность мембран свободно пропускать низкомолекулярные соединения, а высокомолекулярные – задерживать.

Размер микроорганизмов, а также их концентрация в сточной воде определяет основные характеристики мембранных элементов, а именно: средний диаметр пор, производительность по дистиллированной воде и минимальное давление проскока пузырька. Общепризнанным недостатком в работе ультрафильтрационных установок считается необходимость создания высокого избыточного давления, обуславливающего необходимость использования энергоемкого насосного и компрессорного оборудования.

Для минимизации энергетических затрат нами было предложено конструктивное решение, предусматривающее использование центробежных сил для мембранного разделения сточных вод (рис. 2).

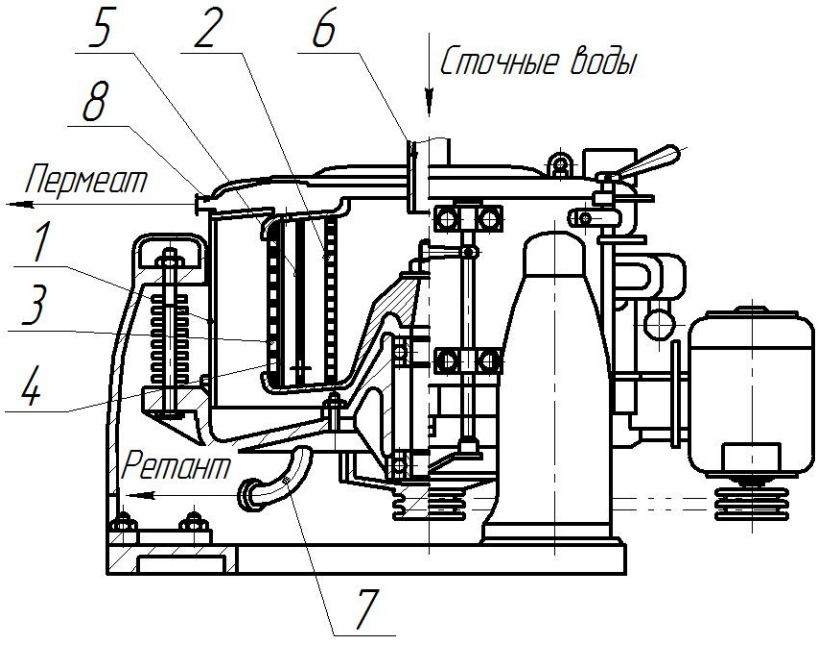


Рисунок 2 – Маятниковая центрифуга для ультрафильтрации

При работе центрифуги стоки поступают через штуцер 6 внутрь перфорированного ротора 2, который приводится во вращение электродвигателем через шкивы посредством клиноременной передачи. Под действием центробежной силы суспензия прижимается к боковой стенке ротора 2 и под действием центробежного давления продавливается через фильтровальный материал, закрепленный на внутренней стенке. Очищенный от частиц дисперсной фазы фильтрат

центробежной силой прижимается к цилиндрической перегородке 5 и, пройдя через отверстие, расположенное в ее нижней части, прижимается к поверхности полупроницаемой мембраны 4, закрепленной на боковой поверхности дополнительного перфорированного ротора 3. Под действием центробежного давления идет процесс ультрафильтрации на полупроницаемой мембране с образованием пермеата, который представляет собой жидкий компонент, очищенный от патогенной микрофлоры и вирусов. Полученный пермеат выводится из кожуха центрифуги через штуцер 7, а концентрированный раствор фильтрата (ретант) – через штуцер 8 [7].

Выгрузка осадка, образующегося на фильтровальном материале, осуществляется периодически, при этом подачу очищаемой жидкости прекращают, электродвигатель выключают и после остановки вращения роторов 2 и 3 вручную удаляют осадок. При этом полупроницаемая мембрана 4 такой чистки не требует, так как все сконцентрированные примеси в виде ретанта выходят через отверстие в верхней крышке ротора 2 и далее по патрубку 8 из кожуха 1. Применение дополнительного перфорированного ротора 3 с полупроницаемой мембраной 4 позволяет совместить механическую обработку и дезинфекцию сточных вод за один технологический прием, что способствует интенсификации процесса очистки стоков и более рационально с позиции ресурсозатрат.

Список использованных источников

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской федерации в 2017 году». – М. 2018.

2. Кирейчева, Л.В. Санация загрязненных мышьяком почв с использованием комбинированного мелиоранта [Текст] / Л.В. Кирейчева, А.В. Ильинский // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2015. - № 4. – С. 37 – 39.

3. Эффективность дегельминтизации и дезинвазии сточных вод на очистных сооружениях канализации юга России / Е.П. Хроменкова, Л.Л. Димидова, О.С. Думбадзе [и др.] // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – 2014. - № 15. – С. 334 – 337.

4. Л.О. Штриплинг Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов: учеб. пособие / Л.О. Штриплинг, Ф.П. Туренко; ОмГТУ. – Омск, 2005. – 192 с.

5. Моделирование гидродинамических процессов в центробежном поле гидроциклонов [Текст]: монография / А.Б. Голованчиков, А.Е. Новиков, М.И. Ламскова, М.И. Филимонов; ВолгГТУ. – Волгоград, 2017. – 200 с.

6. Новиков, А.Е. Моделирование процессов центрифугирования и ультрафильтрации стоков животноводческих ферм / А.Е. Новиков, В.А. Шевченко, М.И. Филимонов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». - 2019. - № 3 (91). - С. 27-35.

7. Физическое и математическое моделирование процессов центрифугирования [Текст]: монография / А.Б. Голованчиков, А.Е. Новиков, М.И. Филимонов [и др.]; ВолгГТУ. – Волгоград, 2018. – 157 с.

8. Микрофильтрационные мембраны типа МФАС-М. Режим доступа: http://www.vladipor.ru/catalog/&cid=001 (дата обращения 12.08.2019).

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕЛИОРАЦИИ, РЕКУЛЬТИВАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 631.45

МЕЛИОРИРОВАННЫЕ ЗЕМЛИ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА В КАРЕЛИИ

Е.В. Дубина-Чехович[1], О.Н. Бахмет[2], А.В. Мингалеев[1]
[1]Отдел мелиорации ФГБНУ «Карельская ГСХОС» п. Новая Вигла, Россия;
[2]Лаборатория лесного почвоведения Института Леса КарНЦ, отдел комплексных научных исследований КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

Состояние осушенных земель в Карелии на значительных площадях характеризуется низкой мелиоративной обустроенностью, неудовлетворительным культуртехническим состоянием и невысоким почвенным плодородием в результате негативных последствий экономических реформ последних десятилетий. По материалам инвентаризации мелиорированных земель на территории Карелии 2011 года в регионе вблизи федеральных автомагистралей и автодорог республиканского значения расположено около 42% мелиоративных объектов, 14% – находится в непосредственной близости с железнодорожными путями, 3% – примыкают к промышленным объектам. Наблюдается тенденция увеличения площади земель, состояние которых не соответствует гигиеническим нормативам. Наибольшие отклонения от естественных санитарно-химических показателей прослеживаются в зоне влияния промышленных предприятий, выбросы которых влияют на состояние почвенного покрова [1, 2], а также на кислотность и химический состав атмосферных осадков. Изменение их природных (фоновых) характеристик может приводить к негативному воздействию в целом на агроландшафт [3, 4, 5, 6]. Макро- и микроэлементы мигрируют вместе с атмосферными выпадениями, что приводит к их накоплению в почвах, поверхностных и подземных водах, других компонентах агроландшафта, вызывая нарушение сложившихся природных потоков.

При наличии комплекса мелиоративных инженерных мероприятий и сооружений, предусматривающих отведение избыточных вод с территории агроландшафта, масштабы такого влияния на сельхозугодья могут быть недооценены, особенно в условиях локального промышленного производства. Организованный сток загрязненных природных вод с помощью системы каналов открытой осушительной сети может охватывать как подверженные, так и неподверженные воздушному пылевому воздействию территории мелиорированных земель и водные прилегающие объекты. Такая ситуация приводит к загрязнению водных и почвенных экосистем [7, 8]. Специфика распространения пыли по площади агроландшафта определяется наряду с господствующей розой ветров, особенностями функционирования водосбора как гидрологической системы [9, 10]. Помимо этого, мелиоративные мероприятия, в частности гидротехнические, увеличивают энергонасыщенность гектара угодий, усиливая давление на природные

ландшафты, в частности, увеличивая объемы вымывания веществ из почвы. При осушении режим испарения грунтовых вод переходит в инфильтрационный [9].

Учитывая тенденцию восстановления мелиоративного фонда республики, решение многочисленных вопросов, связанных с заброшенными и неиспользованными в сельскохозяйственном производстве осушенными землями в настоящее время наиболее актуально для региона. На примере мелиорированных земель вблизи горной компании по добыче и производству щебня из габбро-диабаза, проведено исследование влияния аэротехногенной пыли на почвы и природные воды осушенных сельхозугодий.

Производственный комплекс горной компании по масштабу влияния на территорию агроландшафта относится к локальным источникам загрязнения, с высотой выбросов до 50 м. Он не оборудован средствами пылеподавления, что определяет высокую запыленность территории карьера. С воздушными потоками пыль от мест ее образования распространяется на большие расстояния, загрязняя воздушный бассейн месторождения, а также находящиеся в непосредственной близости осушенные сельскохозяйственные угодья. При этом аэротехногенное облако образует на поверхности почвы и растений визуально заметный пылевой налет. Таким образом, агроландшафт данного мелиоративного объекта – это зона множественного антропогенного влияния: в 80-е годы прошлого века – мелиоративного обустройства, до 2000 года – длительного агрохимического воздействия при выращивании многолетних кормовых трав и с 2008 года – аэротехногенного пылевого загрязнения.

Мелиоративный объект представлен осушенными землями сельскохозяйственного назначения, общая площадь которых 228 га, в т. ч. угодий (культурных сенокосов) – 125 га. Обслуживаемая мелиоративная система занимает 127 га, при этом открытая осушительная сеть (55 км) представлена проводящими, регулирующими и нагорными каналами. Водоприемником является озеро Нижнее Падозеро. Почвенный покров - это среднемощный торфяник, по происхождению и условиям водного питания относится к торфяно-болотным почвам низинного типа.

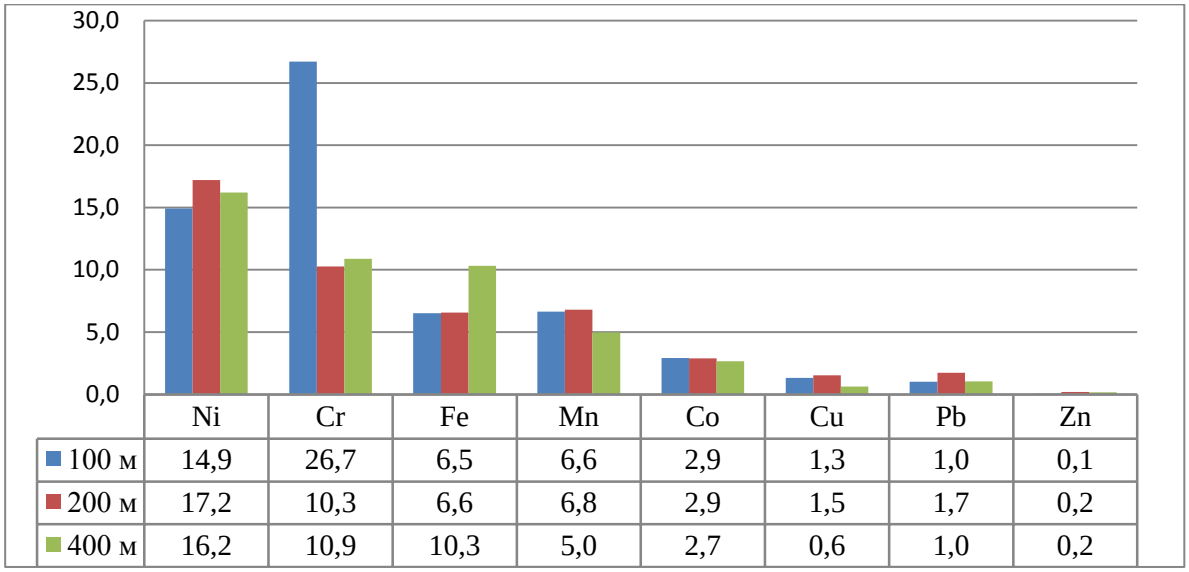
Для оценки воздействия поллютантов на различном удалении от источника загрязнения (100, 200 и 300 м) отобраны образцы верхнего горизонта почвы ($А_{пах}$) на глубину 0-20 см, образцы снега и образцы воды из каналов открытой осушительной сети, магистральном канале и водоприемнике. Исследования проведены в соответствии с действующими нормативными актами в области анализа и методов отбора проб почвы, воды и атмосферных осадков.

Во всех образцах определяли содержание следующих элементов - Ni, Zn, Co, Cu, Cr, Pb, Mn (атомно-абсорбционный спектрофотометр AA-7000 (Shimadzu, Япония), микроволновая система разложения (Speedwave four Berghof, Германия).

Результаты анализов соотнесены с предельно допустимыми концентрациями и региональными фоновыми показателями химических веществ в атмосферных осадках, почве и воде. Анализ образцов на определение содержания вышеуказанных элементов выполняли в лаборатории лесного почвоведения и аналитической лаборатории Института леса КарНЦ РАН.

В зависимости от удаления от горной компании имеются определенные закономерности в распределении по площади сельскохозяйственных угодий химических элементов, содержащихся в техногенной пыли. Так, содержание в снеговом покрове Cr, Mn, Cu, Ca, Mg снижается по мере увеличения расстояния от карьера; значения Zn и Fe увеличивается, а накопление Ni, Co и Pb остается сравнительно одинаковым по всей исследуемой территории.

Химические элементы в атмосферных выбросах можно условно разделить на две группы. К первой относятся элементы, концентрация которых на пробных площадях значительно выше фоновых данных в 2-26 раз: Cr – Ni – Fe – Mn – Co. Полученные результаты по накоплению элементов в снеговом покрове этой группы характеризуются высокими значениями коэффициента концентрации, и они выступают основными загрязнителями. Во вторую группу входят элементы, содержание которых сравнимо или меньше фона: Cu – Pb – Zn – Ca – Mg. Данные по аккумуляции в снеге химических элементов второй группы, или сопоставимы с фоновыми концентрациями, или не достигают критических значений (ПДК, фон) (рис. 1).



	Ni	Cr	Fe	Mn	Co	Cu	Pb	Zn
100 м	14,9	26,7	6,5	6,6	2,9	1,3	1,0	0,1
200 м	17,2	10,3	6,6	6,8	2,9	1,5	1,7	0,2
400 м	16,2	10,9	10,3	5,0	2,7	0,6	1,0	0,2

Рисунок 1 – Соотношение концентрации химических элементов на разном удалении от горной компании

Средние значения кислотности талой снеговой массы, отобранной на разном удалении от карьера, варьируют (pH – 7,1-7,5). Такие результаты являются нетипичными для средних величин атмосферных осадков (снега) по республике. По данным «Государственного доклада о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2017 году» значения кислотности талой снеговой массы изменялись в пределах от 4,7 до 7,1 (средняя величина pH в Карелии составляет 5,9, что квалифицируется как слабокислая реакция среды). Показатели кислотности снега вблизи горной компании характеризуются нейтральной реакцией, отмечена тенденция подщелачивания. На расстоянии 100 и 200 м реакция среды снеговой талой массы характеризуется самым высоким значением pH – 7,5. (табл. 1).

Таблица 1 - Кислотность талой снеговой массы на разном удалении от горной компании

	Фон*	Расстояние от карьера, м		
		100	200	400
pH	4,7 – 7,1	7,5	7,5	7,1

* показатель реакции среды талой снеговой массы в Карелии (Гос. Доклад, 2017)

В этой связи необходимо отметить, что значения pH солевой вытяжки осушенной торфяно-болотной низинной почвы сельскохозяйственных угодий вблизи горной компании также варьируют. На первой пробной площади (100 м от источника загрязнения) – от 4,53 до 6,58, среднее значение 5,3, что соответствует нейтральной реакции для торфяной почвы. На второй пробной площади (200 м от источника) от 4,24 до 5,64, среднее значение 4,7, что соответствует слабокислой реакции среды. На третьей пробной площади (300 м от источника) от 4,04 до 5,6, среднее значение 4,6, что также соответствует слабокислой реакции среды. Учитывая, что в целом торфяники характеризуются кислой реакцией, показатели кислотности почв мелиоративного объекта невысоки, необходимо отметить реакции подщелачивания, что происходит за счет интенсивных выбросов CaO. Слабокислая реакция среды торфяной почвы является благоприятным условием для роста и развития большинства многолетних кормовых трав. Изменение кислотности почв наблюдается по мере удаления от источника выброса поллютантов. Таким образом, выявлены процессы геохимической несовместимости техногенного воздействия посредством атмосферных осадков с направлением почвенных природных процессов. Подобное взаимодействие может увеличить буферность торфяно-болотной низинной почвы агроландшафта к техногенному воздействию.

Почва относится к наиболее стабильным накопительным компонентам среды в биогеохимическом круговороте веществ, поэтому мониторинг изменения состава почвы позволяет рассматривать ее как наиболее точный индикатор состояния всего природного ландшафта. Данные по накоплению элементов в почвах представлены в таблице 2. Содержание Cu, Ni, Co, Cr, Mn в почвах сельскохозяйственных угодий выше фоновых показателей химических элементов в почвах для органогенных горизонтов [Федорец, Бахмет и др., 2015 год]. Превышение ПДК указанных элементов в почвах не выявлено, но отклонение их показателей в сторону роста от фоновых величин позволяет предположить дальнейшее их накопление при работе предприятия и отсутствии утилизации загрязняющих компонентов. Накопление Zn и Pb ниже региональных значений. При удалении от источника загрязнения происходит уменьшение их содержания: Zn (42,2 – 27,2 мг/кг, фон – 67,6мг/кг), Pb (10,6–7,7 мг/кг, фон – 23,3 мг/кг).

В результате исследований поверхностных вод выявлено, что преобладающими и превышающими фоновые концентрации являются Mn, Cu, Ni, Ca, Mg, Fe. Распространение химических элементов по водосборной площади характеризуется как рассредоточенное. Концентрации одних элементов выше на расстоянии 100 м от источника загрязнения (Ca, Mg, Co, Pb), концентрации других (Fe,

Zn, Ni, Cu, Ni, Cr) – на расстоянии 200 м, третьих (Mn) – в водоприемнике, повышение содержания многих элементов отмечено в магистральном канале (Ca, Fe, Ni, Co, Cu, Ni, Cr). Такая ситуация указывает на диффузный характер загрязнения поверхностных вод.

Таблица 2 - Содержание макро- и микроэлементов в осушенных торфяных почвах сельскохозяйственных угодий

Расстояние от карьера, м	Ca, мг/кг	Mg, мг/кг	Fe, мг/кг	Mn, мг/кг	Zn, мг/кг	Cu, мг/кг	Ni, мг/кг	Co, мг/кг	Cr, мг/кг	Pb, мг/кг
ПДК	-	-	250 000	1500	100	55	85	50	100	32
Фон*	-	-	1871,7	330,0	67,6	37,9	7,2	1,8	10,0	23,3
100 м	31551,5	9842,5	25956,5	403,7	42,2	45,5	13,1	6,2	17,4	9,4
200 м	31186,0	7271,7	23740,7	342,0	34,5	40,8	14,3	5,4	18,8	7,8
300 м	28929,5	6578,0	23995,0	386,0	27,3	38,6	13,3	5,7	15,4	10,6

* Федорец, Бахмет и др., 2015 год

Выявлено негативное действие пылевых выбросов от деятельности горной компании на агроландшафт мелиоративного объекта. Выявлены процессы геохимической несовместимости техногенного воздействия посредством атмосферных осадков с направлением почвенных природных процессов. Подобное взаимодействие может увеличить буферность торфяно-болотной низинной почвы агроландшафта к техногенному воздействию.

Валовое содержание всех исследованных макро- и микроэлементов в торфяных низинных почвах не превышает значения ПДК, но накопление Mn, Ni, Cu, Co, Cr выше региональных значений. Исследования, связанные с оценкой техногенной нагрузки промышленных предприятий на прилегающие сельскохозяйственные ландшафты носят социально значимый характер. Возделывание в таких условиях сельскохозяйственных культур, в том числе и многолетних трав для использования на корм животным, также невозможно в результате интенсивного накопления диабазальтовой пыли на вегетативных органах растений.

Список использованных источников

1. Промышленное загрязнение территорий российской части Баренцева региона, Доклад объединения Bellona. Изд-воBellona Foundation 2014. – 152 с.) URL: https://bellona.org/assets/sites/4/2015/10/fil_BAR_REG_05.pdf. Дата обращения: 28.02.2019 г.

2. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Карелия в 2016 году: Государственный доклад. - Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Карелия, 2017 г. – 199 с.

3. Большаков В. А., Краснова Н. М., Борисочкина Т. И., Сорокин С. Е., Граковский В. Г. Аэротехногенное загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами: источники, масштабы, рекультивация. М., 1993. 90 с.

4. Карпенко Л. В., Карпенко В. Д. Оценка геолого-геохимического состояния торфяных почв в зоне техногенных воздействий / Вестник КрасГАУ 2010, № 5, с. 55-61.

5. Jolankai G. Modelling, of non-point source pollution //Application of ecological modelling in environmental management / S. E. Jorgensen, ed. Amsterdam, The Netherlands: El-sevier, 1983. – P. 283 – 379.

6. Xiao H., Ji W. Relating landscape characteristics to non-point source pollution in mine waste-located watersheds using geospatial techniques // Journal of Environmental Management, Volume 82, Issue 1, January 2007, P. 111-119.

7. Carpenter S. R., Caraco N. F., Correll D. L., Howarth R. W., Sharpley A. N. , Smith V. H., Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen // Ecological applications,Volume8, Issue3, August 1998,Pages 559-568.

8. Savic R., Ondrasek G., Josimov-Dundjerski J. Heavy metals in agricultural landscapes as hazards to human and ecosystem health: a case study on zinc and cadmium in drainage channel sediments //Science of food and agricultureVolume95, Issue3, February 2015, P. 466-470.

9. Гареев А. М. Трансформация склонового, речного стока и особенности его влияния на эрозионные процессы (на примере Южного Урала и Приуралья) // Ученые записки № 5, 2007 г. № 1, с. 65-71.

10. Кочарян А. Г. Диффузные источники загрязнения на водосборных территориях и оценка их токсического воздействия на водные и почвенные экосистемы / А. Г. Кочарян, И. П. Лебедева. — Электрон. текстовые дан. // Природообустройство, 2015. – Вып. 5 — с. 40-44. — Коллекция: Журнал «Природообустройство». — Режим доступа: URL: http://elib.timacad.ru/dl/full/gmgup-08-2015-05.pdf. Дата обращения:3 июня 2019 г.

УДК 631.89

НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЛЮЕНТА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А.В. Ильинский
МФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия

В среднем по стране за последние четверть века содержание гумуса в почвах уменьшилось на 0,5%, сохраняется дефицит в почвах фосфора, калия, кальция и других макро- и микроэлементов [9]. Загрязнение почвы бытовыми и сельскохозяйственными отходами в совокупности с промышленным загрязнением в конечном итоге также приводит к деградации почвенного покрова, снижению урожайности и ухудшению качества растениеводческой продукции [1, 4]. Практически все виды отходов содержат ценные вещества, и их рациональная утилизация в народном хозяйстве создает дополнительные сырьевые ресурсы, охраняя в то же время биосферу от загрязнения [1, 9]. Перспективным является использование органических отходов в сельском хозяйстве, где они могут найти применение в качестве многофункциональных удобрений для решения эколого-мелиоративных задач [2, 3, 8, 10]. Так, одним из экологически безопасных способов утилизации органических отходов урбанизированных территорий и сельского хозяйства, обеспечивающим наряду с их обезвреживанием получение органического удобрения и биогаза, является метангенерация. Во время анаэробного сбраживания в ферментерах-метантенках органических отходов развивается микрофлора, которая последовательно разрушает органические вещества до кислот, с образованием газообразных продуктов и эффлюента [7]. Подобный метод утилизации органических отходов с получением органического удобрения чрезвычайно важен для сельского хозяйства, где на различные технологические нужды расходуется

большое количество энергии и непрерывно растет потребность в высококачественных удобрениях. Особое внимание к продуктам (эффлюенту) анаэробного сбраживания органических отходов в ферментерах-метантенках и при создании на их основе новых органоминеральных мелиорантов должно уделяться проблеме их экологической безопасности, изучению содержания в них токсичных примесей и в первую очередь ТМ, поскольку, накапливаясь в высших растениях в значительных количествах, ТМ вызывают в них изменения физиологических процессов и снижают активность многих ферментов и представляют потенциальную угрозу здоровью человека и сельскохозяйственных животных [5, 6].

Для проведения исследований по изучению и оценке содержания тяжелых металлов и мышьяка был выбран эффлюент - органическое удобрение, полученное в результате метангенерации навоза, произведенный в биогазовой установке «БИОКОМ-100» [7]. Исследуемый образец эффлюента обладал следующими основными агрохимическими характеристиками: массовая доля влаги – 61%; величина активности водородных ионов – 6,8 ед. pH; массовая доля органического вещества – 74,8%; содержание общего фосфора – 0,99%; общего калия – 0,74%; общего азота – 2,99%. Химико-аналитические испытания эффлюента были выполнены в аккредитованной лаборатории ФГБУ «Станция агрохимической службы «Рязанская» с использованием стандартных методик определения содержания токсичных элементов. Определение массовых долей валовых форм меди, цинка, свинца, кадмия и никеля осуществлялось по методике ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-02; массовой доли валовой формы мышьяка – с использованием МУ по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом. Определение массовых долей подвижных форм меди, цинка, свинца, никеля и хрома осуществлялось по методике ГОСТ Р 53218-2008, при этом подвижные формы тяжелых металлов извлекались из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8. Оценка массовой концентрации примесей токсичных элементов выполнена в соответствии с ГОСТ 33380-2015 «Удобрения органические. Эффлюент. Технические условия», а также ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» и ГН 2.1.7.2042-06 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве». Результаты изучения содержания тяжелых металлов и мышьяка в эффлюенте представлены в таблице 1.

Анализ результатов химико-аналитических исследований эффлюента на содержание тяжелых металлов и мышьяка и их сопоставление с нормами ГОСТ 33380-2015 показал, что содержания валовых форм исследованных ТМ и мышьяка не превышают установленных стандартом значений. Оценка содержания валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в органическом удобрении (эффлюенте) по действующим нормативам для почв показала, что их содержания не превышают ОДК для суглинистых и глинистых типов почв. По содержанию подвижных форм ТМ в образце эффлюента было установлено следующее: концентрации свинца, меди, никеля и хрома (III) не превышают установленных стандартом значений, концентрация же подвижного цинка превысила установленный

стандартом норматив в 2,6 раза. Как видно из представленной таблицы, нормативы содержания в почве подвижных форм изученных ТМ идентичны требованиям, предъявляемых стандартом к эффлюенту.

Таблица 1 - Результаты оценки содержания тяжелых металлов и мышьяка в органическом удобрении (эффлюенте), мг/кг сухого вещества

Определяемый токсичный элемент	Массовая доля поллютанта, мг/кг	Норматив содержания поллютанта для растениеводства *, мг/кг		Норматив содержания в почве, мг/кг
		традиционного (не более)	органическое (не более)	
Валовые формы				
медь (Cu)	59,6	132,0	70,0	132,0/66,0/33,0 **
цинк (Zn)	87,4	220,0	200,0	220,0/110,0/55,0 **
свинец (Pb)	9,1	130,0	45,0	130,0/65,0/32,0 **
кадмий (Cd)	0,47	2,0	0,7	2,0/1,0/0,5 **
никель (Ni)	6,1	80,0	25,0	80,0/40,0/20,0 **
мышьяк (As)	0,37	10,0	-	10,0/5,0/2,0 **
Подвижные формы				
медь (Cu)	1,6	3,0		3,0 ***
цинк (Zn)	60,5	23,0		23,0 ***
свинец (Pb)	0,58	6,0		6,0 ***
никель (Ni)	0,45	4,0		4,0 ***
хром (Cr^{3+})	2,0	6,0		6,0 ***

Примечание: * - норматив содержания в соответствии с ГОСТ 33380-2015; ** - ОДК содержания валовых форм поллютантов для различных групп почв в соответствии с ГН 2.1.7.2042–06; *** - ПДК содержания подвижных форм поллютантов для почвы в соответствии с ГН 2.1.7.2041–06.

В целом, при сопоставлении содержания валовых и подвижных форм ТМ в эффлюенте, были установлены следующее особенности: концентрация подвижной меди в эффлюенте составила 2,7% от ее валового содержания, цинка – 69,2%, свинца – 6,4%, никеля – 7,4% соответственно. Растения легко поглощают формы микроэлементов, растворенные в почвенных растворах [4, 5, 6]. В области высоких значений pH необходимо учитывать влияние на растворимость и доступность цинка образования растворимых цинк-органических комплексов и комплексных анионных форм цинка. Известно, что цинк способен мобилизоваться из основных карбонатов и оксидов веществами, образующимися при аэробном разложении растительных материалов [5]. Поэтому можно предположить, что интенсификация процесса анаэробного сбраживания навоза КРС в биогазовой установке «БИОКОМ-100» также способствовала мобилизации подвижной формы цинка в эффлюенте. Для снижения подвижности цинка в эффлюенте представляется целесообразным использовать приемы химической детоксикации с использованием фосфорных удобрений и известковых материалов.

Список использованных источников

1. Данчеев Д.В. К проблеме использования органических отходов урбанизированных территорий при решении вопросов рационального природопользования / Д.В. Данчеев, А.В. Ильинский // Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК. Материалы международной научно-практической конференции. – М.: Изд. ВНИИГиМ, 2017. – С. 184–187.

2. Ильинский А.В., Сельмен В.Н. Некоторые аспекты применения осадков сточных вод для реабилитации деградированный земель / А.В. Ильинский, В.Н. Сельмен // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности: сб. ст. по материалам Междунар. науч. экол. конф. / сост. Л. С. Новопольцева; под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар: КубГАУ, 2018 – С. 100-101.

3. Меньшикова С.А. Экологическая эффективность применения удобрений-мелиорантов при комплексном регулировании факторов жизни растений // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: материалы III междунар. науч.-практ. конф. (Рязань, ФГБОУ ВО РГАТУ, 18 апреля 2019). – Рязань: ИП Жуков В.Ю., 2019. – С. 264–270.

4. Методические рекомендации по мероприятиям для предотвращения и ликвидации загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами. М., ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии 2005. – 72 с.

5. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях: пер. с англ. / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

6. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях [Текст] / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.

7. Патент 2536988, Российская Федерация, МПК C 02 F 09/14. Реактор анаэробной переработки биомассы / Попов А.И., Щеклеин С.Е., Бурдин И.А., Горелый К.А.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Центр новых энергетических технологий» (ООО «ЦНЭТ») (RU), Общество с ограниченной ответственностью «Гильдия М» (ООО «Гильдия М») (RU). - № 2013107920/05; заявл. 21.02.13; опубл. 27.12.14, Бюл. № 36. – 8 с. : ил.

8. Сельмен В.Н. Перспективы использования органоминеральных удобрений, полученных на основе осадков сточных вод / В.Н. Сельмен, А.В. Ильинский // Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК. Материалы международной научно-практической конференции. М.: Изд. ВНИИГиМ, 2017. – С. 225–228.

9. Орлов Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении [Текст] / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская // Учебное пособие для химических, химико-технологических и биологических спец. вузов. – М.: Высшая школа, 2002. – 234 с.

10. Сычев В.Г. Эколого-агрохимические свойства и эффективность верми- и биокомпостов / В.Г. Сычев, Г.Е. Мерзлая, Г.В. Петрова, А.В. Филиппова, В.И. Попов, В.Н. Мищенко. – М.: ВНИИА, 2007. – 276 с.

УДК 631.6

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ЗЕЛЕНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕЛИОРАТИВНОМ КОМПЛЕКСЕ АПК

Л.Н.Медведева[1], М.В.Фролова[1], А.В. Медведев[1], П.Д.Ванеева[2]
[1]ФГБНУ ВНИИОЗ, Волгоград, Российская Федерация
[2]ФГБНУ РОСНИИПМ, Новочеркасск, Российская Федерация

Особенностью современного периода развития всех отраслей сельского хозяйства является ускорение процессов внедрения инноваций и информационных

технологий. В XX веке в сельском хозяйстве России нашли применение инновационные решения, которые положительно сказались на развитии орошаемого земледелия. В сельскохозяйственной практике стали применяться: водосберегающие режимы орошения сельскохозяйственных культур; технологии поверхностного и лиманного орошения; автоматизированные комплексы по регулирования водных потоков; программные продукты по управлению агробизнесом; методики определения безопасности гидросооружений; системы капельного орошения и комплексные очистки животноводческих стоков. Новое развитие получили фундаментальные теории в области гидравлики гидротехнических сооружений, строительства мелиоративных каналов и трубопроводов нового поколения; предупреждения вторичного засоления и заболачивания орошаемых земель; управления продуктивностью агроландшафтов на осушаемых и увлажняемых землях [1, 2]. Появились новые подходы в оценке инновационного потенциала мелиоративного комплекса АПК (таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели инновационности в мелиорации

Показатель новизны	Показатель технического совершенства	Показатель эффективности	Показатель риска внедрения
Новизна техники, технологии	Конкурентоспособность на мировых рынках	Показатели бюджетной и общественной эффективности	Ставка дисконта по проекту
Новые эксплуатационные свойства систем	Новые потребительские свойства продукции	Показатели экономической эффективности	Коэффициенты рисков
Применение информационных технологий	Сопряженность требований и возможностей в проекте	Показатели: чистый дисконтированный доход; внутренняя норма доходности; индекс доходности; срок окупаемости	Дисперсия, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации
Наличие патентов и ноу-хау	Повышение эффективности проекта оросительных систем	Показатели эффективности выполнения государственных программ	Венчурное финансирование, использование средств бизнес-ангелов

Инновационный потенциал мелиоративного комплекса способствует устойчивости и сбалансированности агроландшафтов, повышению предпринимательской активности фермеров, трансферу инноваций и генерации знаний через систему Интернета. Сложившейся рынок инновационных разработок и идей в мелиорации трансформируется в плоскость применения цифровых технологий на всех этапах строительства и эксплуатации оросительных и осушительных каналов [1, 3].Российские ученые по-разному оценивают потребности страны в мелиорированных землях: И.П. Айдаров считает, что площадь орошаемых земель должна составлять 22 – 35 млн. га; И.П. Кружилин обосновывает необходимым иметь не менее 12 млн. га орошаемых земель; В.Н. Щедрин придерживается точки зрения, что на основе мелиоративных мероприятий в стране должно быть

– 10 млн. га орошаемых, 8 млн. га осушаемых угодий [4]. Согласно Доктрины продовольственной безопасности до 2020 года в России должно быть около 18 млн. га мелиорированных земель, что должно позволить увеличить продуктивность агробиоценозов в 2–3 раза. Однако, в 2017 году из имеющихся в Российской Федерации 4,69 млн. га орошаемых земель в сельскохозяйственном производстве использовалось лишь 3,89 млн. га; под орошением находилось – 1,32 млн. га. Большинство мелиорированных систем имеют износ основных фондов около70% (таблица 2) [5].

Таблица 2 – Гидротехнические сооружения по степени износа, 2017 год [8]

Категория	Количество		
	Оросительные системы	Осушительные системы	Системы двойного назначения
1 – исправные (износ до 25 %)	139	531	66
2 – работоспособные (износ до 50 %)	832	795	144
3 – ограниченно работоспособные (износ до 75 %)	1680	1648	240
4 – неработоспособные (износ до 100 %)	4684	2469	682
Нет информации	77	9	7

Источник: *МСХ РФ*

Указом Президента Российской Федерации № 642 от 1 декабря 2016 г. была утверждена Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, которая в числе приоритетных направлений развития включила – применение в национальной экономике ресурсосберегающих технологий. Для мелиорации данный подход является одним из определяющих при выборе инвестиционных проектов по строительству оросительных систем. Для оценки эффективности инновационных проектов в мелиорации применяется стандартный набор показателей, рассчитываемых на основе соотношения дохода и расхода после реализации проекта. В число показателей инвестиционной привлекательности проектов в мелиорации входят: дисконтированный доход (NPV), индекс прибыльности (PI), дисконтированный период окупаемости (DPB), внутренняя норма рентабельности (IRR). Строительство и реконструкция оросительных систем является мероприятием, требующим значительных инвестиций, и индивидуального проектного подхода. Сопоставление и выбор вариантов может осуществляться с помощью показателя приведенных затрат:

$$ЗП_i = C_i + E_н K_i, \quad (1)$$

где: $ЗП_i$ – величина приведенных затрат по *i*-му варианту, руб.;

C_i – текущие затраты в сельскохозяйственном производстве, включая эксплуатационные затраты по межхозяйственной сети, по *i*-му варианту, руб.;

$E_н$ – социальная норма дисконта, %;

K_i – величина инвестиций по *i*-му варианту, руб.;

$E_{\text{н}}K_i$ – инвестиции, приведенные к годовой размерности и отражающие ущерб от изъятия инвестиционных средств K_i из государственного бюджета или бюджета частного инвестора.

В ФГБНУ РОСНИИПМ были разработаны методические рекомендации по оценке мелиоративных инвестиционных проектов на основе базовых нормативных затрат на содержание и ремонт гидротехнических сооружений (устанавливают зависимость размера этих затрат от показателей технической оснащенности оросительных систем) (таблица 3) [6].

Таблица 3 – Показатели удельных затрат на содержание и ремонт гидротехнических сооружений (руб./га орошаемых земель)

Площадь, обслуживаемая одним головным водозабором, тыс. га	Вид затрат	Удельное количество гидротехнических сооружений на межхозяйственных оросительных каналах и коллекторах (шт./тыс. га)					
		1	3	5	10	15	20
До 1	Всего	140,1	166,5	199,5	272,2	358,1	430,8
1–3	Всего	158,6	183,7	220,7	303,9	395,1	478,3
Более 3	Всего	192,9	220,7	265,7	358,1	463,8	562,9

Принятая Минсельхозом России ведомственная программа «Развитие мелиоративного комплекса России» ориентирует сельских предпринимателей до 2020 года ввести в оборот – 594,71 тыс. га мелиорируемых земель за счет реконструкции, технического перевооружения и строительства новых мелиоративных систем на основе механизма государственно-частного партнерства. Федеральные субсидии на развитие мелиорации сельским предпринимателям предоставляются при соблюдении определенных условий, в частности: предоставления в органы управления субъектов Федерации пакета документов, включающих: проектную сметную документацию на строительство, реконструкцию и техническое перевооружение оросительной системы; расчет стоимости строительства; положительное заключение государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий, инвестиционный проект развития бизнеса на орошаемых землях. В современных условиях функционирование большинства мелиоративных систем осложняется из-за ухудшения их технического состояния, моральной и физической изношенности насосного оборудования. Одним из возможных вариантов, введения в оборот новых мелиорированных земель, является создание *мелиоративных парков*, с трансфером инноваций в агропроизводство. Концепция мелиоративного парка, разработанная учеными ФГБНУ РОСНИИПМ и ФГБНУ ВНИИОЗ, направлена на применение механизма государственного-частного партнерства, инициирования применения инновационных решений в АПК [8]. Постановлением Правительства Ростовской области (от 29.12.2018 № 885) «Об утверждении Плана мероприятий по реализации Стратегии социально-экономического развития Ростовской области на период до 2030 года» в целях развития комплексной агролесомелиорация сельскохозяй-

ственных земель определено: создание мелиоративных парков. В число основных направлений деятельности управляющей компании мелиоративного парка должно входить: строительство и реконструкция оросительных систем нового поколения; разработка принципиально новых технологий эксплуатации мелиоративных систем; обеспечение автоматизации производственных процессов и применение ресурсосберегающих технологий и техники. ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» имеет 14 филиалов с площадью обводнения земель – 1107.6 га [8].

Общее количество гидротехнических сооружений на мелиоративной сети, включая водозаборные – 72691, насосных станций – 162, каналов 11948 км, трубопроводов – 2099 км. Изношенность функционирующих мелиоративных и гидротехнических сооружений достигает –70%. Большая часть ирригационных систем Ростовской области приурочены к террасовым равнинам рек Дона, Маныча, Кубани; меньшая часть - Ергенинской возвышенности и Азово-Кубанской равнине. Основным источником орошения являются воды Цимлянского и Веселовского водохранилищ, рек Дона, Чира, Егорлыка. Донской магистральный канал (далее – ДМК), Нижне-Донской и Азовский распределительные каналы были введены в эксплуатацию в 1953 году, что позволило орошать более 100 тыс. га земель. ДМК, протяженностью 112 км рассчитан на забор воды из Цимлянского водохранилища до 250 $м^3/с$. От Донского магистрального канала ответвляются боковые каналы Нижнедонской, Багаевский, Садковский, Пролетарский и Верхнесальский (табл. 4, рис. 1) [9,10].

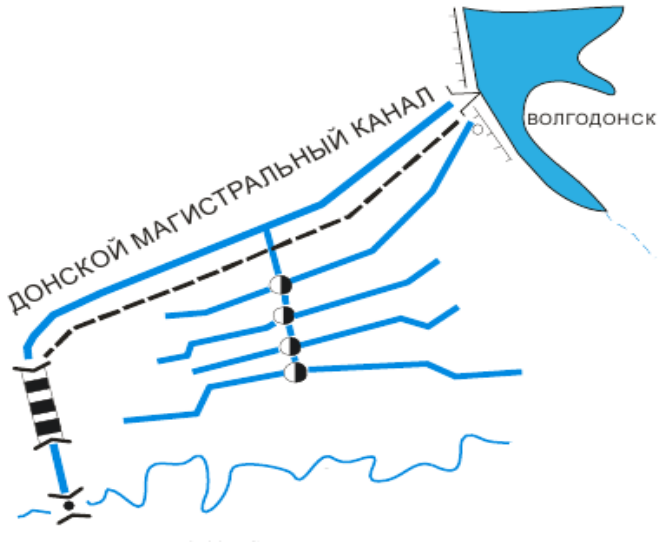


Рисунок 1 Схема Донского магистрального канала, Ростовская область

В рамках региональной программы по возрождению мелиорации земель более 10 лет ведется реконструкция ДМК, который кроме орошения обеспечивает восточные муниципальные районы природной водой для питья и хозяйственных нужд. Реконструкция ДМК – неотъемлемая часть комплекса мероприятий по оздоровлению Цимлянского водохранилища. В настоящее время качество воды

в Цимлянском водохранилище вызывают определенную тревогу и озабоченность, и объясняется это высокой концентрацией загрязняющих веществ, сильным развитием синезеленых водорослей. В ФГБНУ ВНИИОЗ (г. Волгоград) разработана технология вселения штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 для борьбы с «цветением водоемов».

Таблица 4 – Оросительные системы Ростовской области по времени создания

№	Оросительная система	Год введения в эксплуатацию	Источник полива	Площадь орошаемых земель
1	Азовская	1952	Веселовское водохранилище	21,2 20,9
2	Багаево-Садковская	1952	Цимлянское водохранилище	47,2 35,6
3	Верхне-Сальская	1965	Цимлянское водохранилище	20,6 14,2
4	Донская	1953	Цимлянское водохранилище	14,1 5,8
5	Константиновская	1990	Цимлянское водохранилище	1,7 1,7
6	Мартыновская	1980	Цимлянское водохранилище	9,9 2,17
7	Миусская	1977	Миусский лиман	7,4 5,76
8	Нижне-Донская	1952	Цимлянское водохранилище	40,2 36,5
9	Нижне-Манычская	1974	Река Дон	3,6 3,57
10	Приморская	1988	Река Дон	15,4 15,4
11	Пролетарская	1960-1962	Цимлянское водохранилище	25,1 25,0
12	Право-Егорлыкская	1958	Река Кубань	2,1 2,0
13	Хорошевская	1962-1963	Цимлянское водохранилище	0,9 0
14	Цимлянская	1991	Цимлянское водохранилище	1,8 1,8
15	Чирская	1986	Река Чир	4,6 0
	ВСЕГО			215,8 170,4

Учеными института при обследовании акватории Цимлянского водохранилища была построена матрица движущих факторов природного фитопланктона, позволяющая определять участки водоема, наиболее подверженные антропогенному воздействию (таблица 5). Наблюдения за гидрофизическими показателями заливов Цимлянского водохранилища показало, что изменение прозрачности

воды было связано с высоким уровнем развития фитопланктона, наличием взвешенных веществ, количество которых регулировалось интенсивностью взмучивания при ветровом перемешивании воды.

Таблица 5 – Матрицы «движущих факторов» фитопланктона водоема

Акватория	***Качество воды: физические факторы***	***Качество воды: химические факторы***
Менее подвержены влиянию человеческой деятельности	Температура воды (WT), Проводимость (Cond)	Общий фосфор (TP), аммиачный азот (NH_4-N), потребность в кислороде (COD)
Более подвержены влиянию человеческой деятельности	Температура воды (WT), проводимость (Cond)	Растворенный кислород (DO), потребность в кислороде (COD)

Содержание растворенного кислорода было на уровне: 7,5 – 19,4 мг O_2/дм^3, что соответствует рыбохозяйственной норме. В заливах, куда вносилась суспензия штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, было отмечено снижение концентрации биогенных элементов, уменьшение соединений азота и фосфора в 2,3–3,5 раза. Темп размножения водной микрофлоры в заливах летом 2017 года был достаточно высоким: удвоение бактериальной биомассы в единицу времени происходило со скоростью: 8,8–20,5 час. В основном это было связано с интенсивным прогревом водных масс и наличием достаточного количества легкоусвояемых органических веществ. Интегральная оценка влияния штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111на экосистемы Цимлянского водохранилища производилась методом определения функции «желательности».

В число индикаторных показателей функции «желательности» вошли: концентрация растворенного кислорода в воде, прозрачность воды, биомасса зеленых водорослей, биомасса зоопланктона, биомасса синезеленых водорослей. Заливы Цимлянского водохранилища, в которых производилось исследование по вселению штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, на протяжении вегетационного периода 2017 года имели высокие показатели функции «желательности» (рисунок 2).

Проведенное исследование показывает, что инновационный потенциал мелиоративного комплекса АПК имеет значительную емкость и требует новых подходов по продвижению российских ноу-хау на мировой рынок.

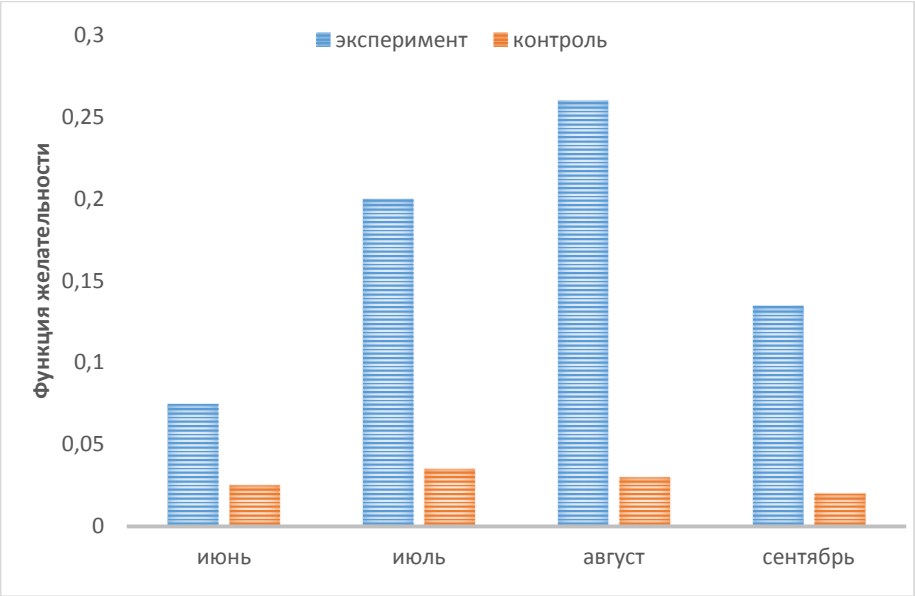


Рисунок 2 – Значение обобщенной функции «желательности» для заливов Цимлянского водохранилища *(эксперимент – заливы с внесенной хлореллой; контроль – заливы без внесенной хлореллы)*, 2017 год

Список использованных источников

1. Мелихов, В.В. Роль орошаемого земледелия при разработке концепции национальных планов устойчивого развития агроландшафтов / В.В. Мелихов //. В сборнике: Агроэкология, мелиорация и защитное лесоразведение. Волгоград. – 2018. С. 509 –513.

2. Кирейчева, Л. В. Концепция создания устойчивых мелиорированных агроландшафтов / Л. В. Кирейчева, Н. М. Решеткина // Вестник сельскохозяйственных наук. – 1997. – № 5. – С. 51– 55.

3. Melikhov, V. V. Green Technologies: The Basis for Integration and Clustering of Subjects at the Regional Level of Economy // L. N. Medvedeva, Viktor V. Melikhov, Alexey A. Novikov, Olga P. Komarova // Integration and Clustering for Sustainable Economic Growth. Издательство: Спрингер. – 2017. – pp. 365 –382.

4. Vasilyev, S. M. Meliorative institutional environment – area of state interests / L. N. Medvedeva, V.N. Shchedrin, S. M. Vasilyev, A. V. Kolganov, L. N. Medvedeva, A. A. Kupriyanov // Espacios. – 2018. – Vol. 39, № 12. – P. 28 –35.

5. Итоги реализации (2014-2017 годы) федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы»: информ. издание – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2018.– 108 с.

6. Власов, М.В. Комплексный подход к определению эффективности реконструкции оросительных систем / М.В. Власов, С.В. Куприянова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. – № 2(34). – С 185–200.

7. Медведева, Л. Н. Научно-методическое обоснование создания мелиоративного аграрного парка на Юге России / Л.Н. Медведева // В сборнике Экология и мелиорация агроландшафтов. – Волгоград – 2017. – С. 143 – 147.

8. ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз». Показатели по техническому состоянию оросительных систем, 2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:http://mcx-dm.ru/fgbu/95?report=orvalues&cur=93403, 2019 (дата обращения: 15.08.2019).

9. Отчет о научно-исследовательской работе «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель Ростовской области на период до 2012 года». Новочеркасск. – 2012. – 16 с.

10. Медведев, А.В. Методологический подход в обосновании рационального использования водных ресурсов в сельском хозяйстве / Л.Н. Медведева, П.Д. Ванеева, А.В. Медведев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019.– № 2 (74). – С. 115-124.

УДК 551.58:631+551.4

БИОКЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОДОСБОРА БАССЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ТАЛАС

Ж.С. Мустафаев[1], А.Т. Козыкеева[1], Н.А.Турсынбаев[2], М.К. Ешманов[3,1]
[1]НАО «Казахский национальный аграрный университет», г. Алматы, Казахстан;
[2]Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан;
[3]Таразский педагогический иниститут, г. Тараз, Казахстан

Актуальность. Процессы, происходящие в природе, обществе и мировом хозяйстве, связаны между собой и оказывают друг на друга взаимное влияние. Жизнедеятельность человека протекает в системе «экономика-экология-социум» и изучение экономической подсистемы невозможно без рассмотрения ее связей с другими подсистемами, особенно в бассейнах трансграничных рек. Из этого вытекает необходимость разработки инструментов анализа - моделей развития природно-техногенной системы, то есть комплексного обустройства речных бассейнов, учитывающих роль природного капитала и экологических услуг природных систем и антропогенной деятельности человека, позволяющих выявить новые и обосновать известные закономерности протекающих в бассейне рек.

В связи с этим в целях достижения устойчивого развития природно-техногенной системы, включая гидроагроландшафтные системы, обеспечивающие продовольственную безопасность отдельных регионов, представляется весьма актуальным исследование роли и места природного капитала и экологических услуг отдельных компонентов природной системы речных бассейнов в процессе осуществления хозяйственной деятельности, определяющей необходимость мелиорации сельскохозяйственных земель.

Цель исследования – на основе оценки биоклиматического потенциала природной системы водосбора трансграничной реки Талас обосновать уровень природных экологических услуг, то есть услуг мелиорации сельскохозяйственных земель для рационального и эффективного использования их природно-ресурсного потенциала и выявить их региональные различия.

Материалы и методы исследования. Для оценки биоклиматического потенциала природной системы водосбора трансграничной реки Талас использованы многолетние информационно-аналитические материалы «Казгидромет» Республики Казахстан и «Кыргызгидромет» Кыргызской Республики. Кроме того, использованы материалы статистической отчетности об урожайности сельскохозяйственных культур по административным районам области Республики Казахстан и Кыргызской Республики [1].

В качестве методологии оценки биоклиматического потенциала водосборов бассейна рек, учитывая многоаспектность проблемы, принята вся совокупность существующих в природопользовании методологических подходов, а приоритетными выбраны геосистемный и катенарный подходы (табл. 1).

Таблица 1 - Геоморфологическая схема катен бассейна реки Талас

Катена	Физико-географическое районирование		Административное деление	
	природные зоны	зоны увлаж-ненности	республика, область	районы
Элювиальная	Горные степи	умеренно-засушливая и влажная горная	Кыргызская Республика, Таласская область	Таласский
Тарансэлювиальная	Предгорная степь	Засушливая горная		Карабууринский, Бакайатинский, Манасский
Супераквиальная	Предгорная полупустыня	Сухая предгорная	Республика Казахстан, Жамбылская область	Жамбылский, Байзакский
Аквиальная	Пустыня южная	Очень сухая		Сарысуский, Таласский

Результаты исследования. Для определения ресурсного потенциала водосборной территории бассейна реки Талас в качестве потенциально важных предикторов в базу данных вводили и анализировали следующие природно-климатические показатели: сумму биологически активных температур ($\sum t,^{O} C$), сумму осадков (O_C, мм), испаряемость (E_O, мм), фотосинтетически активную радиацию (R, кДж/см^2), сумму средних суточных значений дефицита влажности воздуха ($\sum d$, мб), среднегодовую температуру воздуха ($T^{O}C$) (табл. 2) [1].

Таблица 2 – Природно-энергетические ресурсы природной системы водосборов бассейна реки Талас

Метеостанции	Абсолютная высота местности (H), м	Природно-энергетические показатели					
		$T^{O}C$	$\sum t,^{O} C$	R, кДж/см^2	$\sum d$, мб	E_O, мм	O_C, мм
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)							
Акташ	2000	4.6	2500	156.3	1680	880	469
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация)							
Талас	1200	7.6	2775	164.2	1860	960	327
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация)							
Тараз	642	9.0	3400	170.9	1860	1020	287
Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)							
Биликкол	366	9.1	3727	181.7	2161	1190	314
Байкадам	336	9.8	3700	180.8	2560	1110	155
Камкалыкол	317	9.7	3670	186.5	3477	1147	185

Для климатической оценки тепло- и влагообеспеченности водосборов бассейна реки Талас можно использовать следующие показатели, характеризующиеся степень обеспеченности ресурсами природной среды: коэффициент увлажнения ($K_y = O_C / E_O$), биоклиматическая продуктивность ($БКП = K_y(\sum t / 1000)$, гидротермический коэффициент ($ГТК = 10 \cdot O_C / \sum t$), индекс

сухости ($\overline{R} = R / LO_C$, где L - удельная теплота парообразования, принятая постоянной и равная 2.5 кДж/см^2) и показатель увлажнения ($M_d = O_C / \sum d$) (табл. 3) [1].

Таблица 3– Климатический потенциал природной системы водосбора бассейна реки Талас [32; 36; 56; 57]

Метеостанция	H , м	Показатели климатического потенциала				
		K_y	*ГТК*	*БКП*	$\overline{R}$	M_d
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)						
Акташ	2000	0.53	1.62	1.54	1.31	0.28
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация)						
Талас	1200	0.30	0.68	1.02	2.00	0.18
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквиальная фация)						
Тараз	642	0.20	0.59	0.68	2.38	0.15
Равнинный класс ландшафтов (субаквиальная фация)						
Биликкол	366	0.26	0.84	0.96	2.31	0.14
Байкадам	336	0.11	0.32	0.41	4.66	0.12
Камкалыкол	317	0.09	0.37	0.33	4.03	0.10

Влияние на биологическую продуктивность ландшафтов тепла и влаги выражается относительными величинами биоклиматического потенциала природной системы, то есть через климатический индекс биологической продуктивности ландшафтов Д.И. Шашко [2]:

$$Б_к = K_{p(ку)}\left[100 \cdot \sum t > 10^o C / \sum t > 10^o C_o\right],$$

где: $Б_к$ - климатический индекс биологической продуктивности; $\sum t > 10^o C$ - сумма средних суточных температур воздуха выше +10°С, отражающая поступление солнечной энергии и теплообеспеченности ландшафтов; $\sum t > 10^o C_o$ - сумма средних суточных температур воздуха выше +10°С, равных начальной зоне формирования стока речных бассейнов, равная 1000°С; $K_{p(ку)}$ – коэффициент роста по годовому показателю атмосферного увлажнения, представляющий собой отношение продуктивности при данных условиях влагообеспеченности к максимальной продуктивности в условиях оптимальной влагообеспеченности и определяется по формуле [2]:

$$K_{p(ку)} = 1.15 \cdot \lg(20 \cdot Md) - 0.21 + 0.63 \cdot Md - Md^2 .$$

На основе связи с продуктивностью растений, а также с географической зональностью водосборов речных бассейнов для средней оценки биологической

продуктивности ландшафтов определен климатический индекс биологической продуктивности земли по Д.И. Шашко (табл. 4) [3].

Таблица 4 - Биоклиматический потенциал ($БКП$) и климатический индекс биологической продуктивности ($Б_к$) по геоморфологической схематизации водосборов бассейна реки Талас [3]

Метеостанции	Абсолютная высота местности (H), м	Показатели биоклиматического потенциала			
		M_d	$K_{p(ку)}$	$\frac{\sum t>10^oC}{\sum t>10^oC_o}$	$Б_к$
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)					
Акташ	2000	0.28	0.75	2.500	187.5
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация)					
Талас	1200	0.18	0.51	2.775	141.5
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация)					
Тараз	642	0.15	0.41	3.400	139.4
Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)					
Биликкол	366	0.14	0.40	3.727	149.1
Байкадам	336	0.12	0.29	3.700	107.3
Камкалыкол	317	0.10	0.19	3.670	69.7

Анализ результатов расчета биоклиматического потенциала и климатического индекса биологической продуктивности свидетельствует (табл. 4), что почвенно-климатические условия водосбора бассейна реки Талас изменяются в зависимости от типа ландшафтов или фации.

Как видно из таблицы 4, коэффициент роста по годовому показателю атмосферного увлажнения ($K_{p(ку)}$) уменьшается от горного класса ландшафтов (элювиальная фация) до равнинного класса ландшафтов (аквальная фация) в бассейне реки Талас и, следовательно, климатический индекс биологической продуктивности ($Б_к$) тоже снижается в три раза, то есть от 187.5 до 69.7 в баллах.

При этом следует отметить, что по шкале климатической продуктивности Д.И. Шашко [2] в бассейне реки Талас, только горный класс ландшафтов (элювиальная фация) относится к зоне повышенной продуктивности ($Б_к = 150-200$), а предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация) и предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация) – зоне средней продуктивности ($Б_к = 115-150$) и равнинный класс ландшафтов (аквальная фация) – зоне низкой продуктивности ($Б_к = 55-85$).

Для оценки окупаемости одного балла климатического индекса биологической продуктивностью ($Б_к$) использованы среднемноголетние урожайности сельскохозяйственных культур на административной территории водосбора бассейна трансграничной реки Талас (табл. 5) [3].

Таблица 5- Среднемноголетние урожайности сельскохозяйственных культур на водосборе бассейна трансграничной реки Талас

Культуры	Геоморфологическая схематизация ландшафтов или фация			
	элювиальная	трансэлювиальная	супераквальная	аквальная
Озимая пшеница	21.1	24.5	25.3	15.2
Ячмень	16.4	17.7	16.0	13.3
Зернобобовые	-	17.1	18.0	13.3
Овес	-	17.1	12.2	10.5
Просо	21.4	-	24.5	18.6
Гречиха	-	-	1.7	1.3
Кукуруза	50.6	63.4	53.8	46.1
Сахарная свекла	-	225.0	210.0	192.0
Подсолнечник	-	-	14.4	10.3
Картофель	141.3	173.0	185.0	170.0
Овощи	117.4	192.4	185.0	175.0

Как видно из таблицы 5 урожайность сельскохозяйственных культур, возделываемых на водосборе бассейна реки Талас, при сравнении с транс-элювиальной и супераквальной фаций, в элювиальных и аквальных фациях низкая, что связано с уровнем теплообеспеченности природной системы, который строго подчиняются закону географической зональности природной системы.

На основании соотношения показателей урожайности и климатического индекса биологической продуктивности определили окупаемость одного балла (табл. 6), которая позволяет оценить эффективность использования почвенно-климатического потенциала при производстве сельскохозяйственной продукции.

Наибольшая окупаемость почвенно-климатического ресурса водосбора бассейна трансграничной реки Талас отмечена в трансэлювиальных фациях на территории Кыргызской Республики и супераквальных фациях на территории Республики Казахстан, практически по всем возделываемым культурам, наименьшая – в элювиальных и аквальных фациях. При этом следует отметить, что элювиальная и трансэлювиальная фация, характеризующиеся лучшими параметрами биоклиматического потенциала, уступают по окупаемости балла климатического индекса биологической продуктивностью супераквальным и аквальным фациям водосбора бассейна реки Талас. В этой связи необходимо скорректировать и усилить антропогенный ресурс, придать большую наукоемкость агротехнологиям в супераквальных и аквальных фациях водосбора бассейна реки Талас.

Таблица 6 - Окупаемость одного балла климатического индекса биологической продуктивностью ($Б_К$), ц [3]

Культуры	Геоморфологическая схематизация ландшафтов			
	элювиальная	транс-элювиальная	супер-аквальная	аквальная

Озимая пшеница	0.112	0.173	0.181	0.140
Ячмень	0.087	0.125	0.115	0.122
Зернобобовые	-	0.125	0.129	0.122
Овес	-	0.125	0.088	0.097
Просо	0.114	-	0.176	0.171
Гречиха	-	-	0.012	0.012
Кукуруза	0.270	0.448	0.386	0.365
Сахарная свекла	-	1.590	1.506	1.768
Подсолнечник	-	-	0.103	0.094
Картофель	0.754	1.223	1.219	1.564
Овощи	0.526	1.360	1.255	1.510

Биоклиматический потенциал, выраженный в баллах, является интегральным показателем и служит основным показателем для оценки значимости климата и приблизительно отображает биологическую продуктивность зональных типов почв, так как урожайность зависит от плодородия почвы и характеризует благоприятность климата [2], что дает возможность определить потенциальное значение климатического индекса биологической продуктивности ландшафтов речных бассейнов при $K_{p(ку)} = 1{,}0$:

$$Б_{кп} = \left[100 \cdot (\sum t > 10^{o}C / \sum t > 10^{o}C_{o})\right].$$

При этом, разница потенциального значения климатического индекса биологической продуктивности ландшафтов ($Б_{кп}$) и естественного значения климатического индекса биологической продуктивности ландшафтов ($Б_{к}$) дает предельный возможный рост климатической продуктивности природной системы речных бассейнов за счет оказания антропогенных услуг, которые определяются по следующему выражению: $\Delta Б_{к} = Б_{кп} - Б_{к}$ (табл. 7) [3].

Как видно из таблицы 7, потенциальная возможность повышения климатического индекса биологической продуктивности ландшафтов бассейна трансграничной реки Талас за счет использования антропогенной экологической услуги достаточно высокая, особенно в предгорном равнинном подклассе ландшафтов (супераквиальная фация) ($\Delta Б_{к} = 200.6$) и равнинном классе ландшафтов (аквиальная фация) ($\Delta Б_{к} = 2223.6 - 297.3$).

Таблица 7 – Потенциальная возможность повышения климатического индекса биологической продуктивности ландшафтов ($\Delta Б_{кп}$) бассейна трансграничной реки Талас за счет антропогенной экологической услуги

Метеостанции	Абсолютная высота местности (H), м	Показатели биоклиматического потенциала		
		$Б_{кп}$	$Б_{к}$	$\Delta Б_{к}$
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)				
Акташ	2000	250.0	187.5	62.5
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация)				

Талас	1200	277.5	141.5	136.0
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация)				
Тараз	642	340.0	139.4	200.6
Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)				
Биликкол	366	372.7	149.1	223.6
Байкадам	336	370.0	107.3	262.7
Камкалыкол	317	367.0	69.7	297.3

При этом следует отметить, что естественный климатический индекс биологической продуктивности ландшафтов ($Б_К$) бассейна трансграничной реки Талас формируется за счет теплообеспеченности, которая относится к неуправляемым и нерегулируемым природным ресурсам, а биологическое сообщество к ним приспосабливается за счет природных экологических услуг.

Список использованных источников

1. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Турсынбаев Н. А. Оценка биоклиматического потенциала водосбора бассейна трансграничной реки Талас при комплексном обустройстве // Гидрометеорология и экология, 2017. -№2. - С. 163-175.

2. Шашко Д.И. Учитывать биоклиматический потенциал // Земледелие, 1985. - №4. - С. 19-26.

3.Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Турсынбаев Н.А. Обоснование экологических услуг водосбора бассейна трансграничной реки Талас на основе оценки биоклиматического потенциала ландшафтных систем// Известия НАН РК, серия аграрных наук, 2017. -№4. - С.57-66.

4. Турсынбаев Н.А., Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Методологическое обеспечение экологических услуг мелиорации при комплексном обустройстве речных бассейнов // Известия НАН РК, серия аграрных наук, 2017. -№3.- 205-212.

УДК 631.6+332.1

МЕЛИОРАТИВНЫЙ КЛАСТЕР АГРОБИОТЕХНОПАРКА

П.И. Пыленок
МФ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия

Актуальность выбранной темы связана с официальным открытием 19 июля 2019 года в селе Подвязье под Рязанью первого из пяти запланированных Минобрнаукой агробиотехнопарков, осуществляемого по проекту Федерального научного агроинженерного центра ВИМ. Учитывая, что Рязанская область находится в зоне рискованного земледелия и характеризуется типичными для Нечерноземья природно-климатическими условиями, успешность реализации проекта и достижение его целей существенно будут зависеть от разработки новых и использования ранее полученных знаний и технологий в области сельскохозяйственной мелиорации земель. Формирование в составе Агробиотехнопарка мелиоративного кластера позволит снизить риски и повысить эффективность инвестиций в АПК.

Материалы и методы. Для анализа использованы природно-мелиоративные условия, результаты мелиоративной науки и практики в условиях Нечерноземной зоны России.

Основоположник кластерной теории М. Портер описывает кластеры как результат четырех групп факторов, которые он объединяет в «ромб конкурентного преимущества»: факторные условия, условия спроса, родственные и поддерживающие отрасли, условия конкуренции и стратегия фирм [1]. Эти четыре элемента ромба играют самую существенную роль в повышении конкурентоспособности территориальных и организационных объединений по сравнению с отдельным хозяйствующим субъектом. Наряду с кластерной теорией в работе использован системный анализ, включающий методы декомпозиции, анализа и синтеза [2].

Результаты и обсуждение. Гидрометеорологические условия Рязанской области далеки от оптимальных значений. Это типичная зона рискованного земледелия. Засушливые годы здесь чередуются с избыточно влажными, доля благоприятных для сельского хозяйства лет составляет только треть от их общего числа. Весенние и ранние осенние заморозки создают угрозы полной или частичной потери урожая.

Главная водная артерия река Ока разделяет территорию региона на две части. Левобережье занято преимущественно торфяно-болотными и дерново-подзолистыми почвами с кислой реакцией среды, испытывающими постоянное или временное переувлажнение. Здесь земледелие без гидромелиорации и культуртехники практически невозможно. Правобережье р. Оки более благоприятно для ведения сельскохозяйственного производства. В почвенном покрове здесь преобладают плодородные серые лесные почвы и выщелоченные черноземы, характерные для лесостепи, в засушливые годы испытывающие дефицит увлажнения. Такие условия представляют определенные возможности для развития мелиорации земель в левобережной зоне - осушительных и осушительно-увлажнительных, а в правобережной - оросительных. Что особенно следует отметить, полученные в условиях Рязанской области научные и технологические результаты могут быть использованы практически на всей территории Нечерноземной зоны и частично в лесостепной черноземной полосе.

Исходя из теоретических предпосылок, мелиоративный кластер должен включать территориальную, функциональную и технологическую компоненты, органично интегрироваться в структуру агробиотехнопарка. Организационная структура мелиоративного кластера может быть сформирована на основе региональных научно-образовательных, проектных и производственных структур (рис.1). Подготовка кадров может осуществляться в РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, не исключая возможности открытия соответствующих специальностей в РГАТУ им. П.А. Костычева и Рязанском политехническом институте.

Рисунок 1 – Организационная структура мелиоративного кластера Рязанского агробиотехнопарка

Территориально-функциональная структура мелиоративного кластера, сформированная с учетом природно-мелиоративных условий и соответствующих способов мелиорации, представлена на рисунке 2. В дополнение к анонсированному стационарно действующему агрогородку, включающему научные лаборатории, демонстрацию селекционных, биологических достижений, представляется целесообразным создание двух мелиоративных стационаров (полигонов), соответственно, для зоны осушения в Мещерской низменности (болото Кальское, Вожа или Тинки-2) и для зоны орошения, например, Подвязье, где будет действовать основной полигон.

Одной из главных целей агробиотехнопарка является продвижение инновационных разработок в практику агропромышленного комплекса Нечерноземной зоны. Содержание проектов может быть любым, отмечалось на научной сессии в Подвязье, но общее требование — прорывные направления: комплексность, мультидисциплинарность, использование цифровых технологий, искусственного интеллекта, широкое применение электронизации, автоматизации, роботизации. К этим направлениям остается добавить экологизацию производственных процессов и получаемого продовольствия.

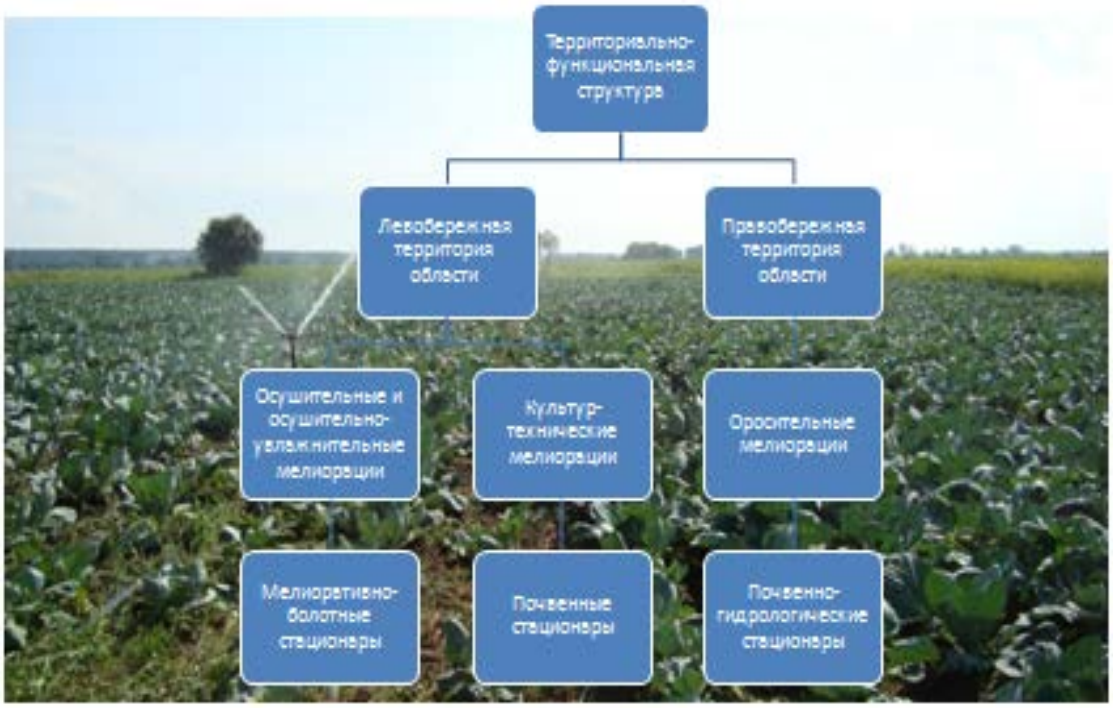


Рисунок 2 – Территориально-функциональная структура мелиоративного кластера

В отношении сельскохозяйственной мелиорации важными направлениями наряду с обеспечение проектной продуктивности мелиорируемых земель являются повышение экологического уровня гидромелиоративных систем и обеспечение пожарной безопасности мелиорируемых агроландшафтов, утилизация дренажных вод, гидроавтоматизация мелиоративных процессов, рекультивация структурно нарушенных или загрязненных почв [3,4]. Исходное инновационное ядро мелиоративного кластера представлено на рисунке 3. Оно далеко от завершения и должно будет дополняться в процессе работы.

Значение мелиоративного кластера в структуре агробиотехнопарка повышается в связи с предстоящим становлением органического земледелия и вступлением в действие с 2020 года соответствующего закона [5]. Кроме залежной пашни (более 40 млн. га) огромным ресурсом для органического земледелия являются торфяно-болотные почвы и собственно торф, как субстрат.

По площади болот (115 млн. га) и запасам торфа (более 150 млрд. тонн) Россия занимает лидирующее положение в мире. Возобновляемые ресурсы торфа в России составляют около 270 млн. тонн в год или 2 тонны торфа на каждый гектар пашни. Наиболее простым и традиционным использованием торфа в органическом земледелии являются торфонавозные компосты. Отсюда вытекает необходимость восстановления скотоводства. Перспективным в отношении торфа является инновационный способ приготовления гидратированного торфа – ультрагумата, производство которого основано в Обнинском научном центре. Применение гидратированного торфа в качестве микробиологического удобрения в сотни раз сокращает затраты торфа при сопоставимом результате воздействия на

повышение урожайности. Торф отличный субстрат для органического земледелия (теплота сгорания - 24 МДж/кг), более половины его сухого вещества – органическая масса; включает минеральные примеси.

Рисунок 3 – Инновационное ядро мелиоративного кластера

В опытно-производственных условиях Окской поймы обработка рабочим раствором гидратированного торфа клубней картофеля и вегетирующих растений обеспечивала по сравнению с контролем прибавку урожая на 14-17% при повышении микробиологической активности почвы на 10-15% и экономии воды на производство одной тонны продукции 7-14 $м^3$/т.

Заключение

Инновационное развитие сельскохозяйственного производства в зонах рискованного земледелия и избыточного увлажнения невозможно без сельскохозяйственной мелиорации земель.

Для формирования полноценной структуры агробиотехнопарка предлагается концепция и основные компоненты мелиоративного кластера, включающего организационную территориально-функциональную составляющую и инновационное ядро кластера.

Для апробации инновационных технологий предлагается включение в структуру полигона агробиотехнопарка двух мелиоративных стационаров, один из которых в зоне осушения (Мещерская низменность), второй в зоне орошения - в правобережной части р. Оки.

Список использованных источников

1. Портер М. Конкуренция. Пер. с англ./ М. Портер. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. - 256 с.

2. Берг Д.Б. Системный анализ конкурентных стратегий: учебное пособие/ Д.Б. Берг, С.Н. Лапшина – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 56 с.

3. Пыленок П.И. Гидромелиоративный рециклинг: научное обоснование, технология, экология. - LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 258 с.

4. Маслов Б.С., Пыленок П.И. Болото и пиар природных стихий. – 2-е изд. перераб. и доп. - М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2019. - 76 с.

5. Федеральный закон "Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 03.08.2018 № 280-ФЗ.

УДК631.6.02:631.619:631.445.52

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И СТРУКТУРА СИСТЕМ ПРЕЦИЗИОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМ

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

Введение

В настоящее время агропроизводство технологически развитых стран приобретает статус максимально наукоемкого сектора экономики, что побуждает уделять повышенное внимание высокоточному (прецизионному) управлению растениеводством, основанному на использовании инновационных процедур и операций [1]. Телекоммуникационные, информационные, навигационные приборы удаленного действия и оборудование для формирования исходных данных, как и интеллектуальные программные комплексы для их обработки становятся повседневной необходимостью.

Снижение комфортности почвенных, гидрогеолого - мелиоративных и погодных условий в используемых агроэкосистемах увеличивает потребность в удельной (в расчете на единицу массы полученной продукции) энергии на их действенное функционирование. Таким образом, возрастает роль масштабного, повсеместного и постоянного контроля и учета агротехнических, агромелиоративных техногенных факторов интенсификации системы растениеводства в мелиорируемых агроландшафтах, гарантирующих энерго и ресурсо сбережение и обеспечивающих [2-4]:

1. Снижение пестроты (по плодородию и другим показателям условий агропроизводства) возделываемого поля для повышения количества и качества продукции растениеводства за счет минимизации /ликвидации полегания сельскохозяйственных культур, увеличения равномерности поспевания урожая и однородности его состава.

2. Повышение возможной продуктивности и экологической устойчивости агроэкоценозов к случайным воздействиям, включая экстремальные проявления факторов окружающей среды (засухи, заморозки, продолжительность вегетационного периода и пр.) за счет рационализации водного и питательного режимов

агроэкосистем, минимизации непродуктивных трат ограниченных и исчерпываемых природных ресурсов агроландщафтов.

3. Дифференциацию по агроэкологической направленности сельхозпроизводства: техногенных воздействий (минеральных и органических удобрений, мелиорантов, средств химической защиты, ирригации, машин и оборудования); агромелиоративных и агротехнических методов и приемов, соответствующих химическому составу, физическим и гидротермическим характеристикам почвы, топографическим условиям поля, составу и изменчивости численности популяций животного и растительного мира агроландшафта, а также специфике адаптивных и адаптирующих возможностей возделываемых растений. При этом технологические приемы и приборные средства, действенные для определенных природно-хозяйственных условий, могут быть абсолютно непригодными для условий, отличающихся экспозицией склона, гранулометрическим составом почвы, частотой и проявлениями последствий засухи или повышенной водообеспеченности. Однако, уровень отмеченной дифференциации определяется: возможностью контроля и учета текущего состояния агроэкосистем, организационно-производственных условий хозяйства, а также экономической целесообразностью, что в равной мере относится и к размеру «шага», использующемуся для агроэкологической типизации территорий по фактору однородности).

4. Использование адаптивных и адаптирующих свойств возделываемых сельскохозяйственных культур, в части поглощения и отклика на NPK, поливы и качество поливной воды, а также реакции на мелиорант и пр.

Базовой основой технологий являются автоматизированные системы прецизионного управления производственными процессами (АСУ ТП), выполняющие заданные операции с запланированной последовательностью максимально оперативно и с максимальной экономией энергоресурсов. Значимость проблемы реализации таких систем в практике производства обусловила существенное внимание к ее исследованию отечественной и зарубежной науки. При наличии видимых подвижек в сфере разработки оригинальных и действенных решений в области автоматизированного управления следует отметить их целенаправленность на узко специализированные задачи в конкретных секторах экономики, к тому же не связанных с агропроизводством [5].

В большой мере процессы широкомасштабной разработки и внедрения систем автоматизированного прецизионного управления мелиорируемыми агроэкосистемами сдерживаются отсутствием должной нормативно-методической базы и унифицированных технических решений по разработке энергосберегающих прецизионных АСУ ТП , как и опыта их применения при эксплуатации инженерных гидромелиоративных систем [6].

Целью настоящей работы является анализ действующих теории и практики формирования алгоритмов управляющих воздействий и структуры автоматизированных систем управления мелиоративным режимом агроэкосистем и определение перспективных направлений по стандартизации и типизации методов создания автоматизированных систем прецизионного управления агропроизводством в мелиорируемых агроландшафтах

Методы исследований

Исследования базируются на методах анализа и действенного синтеза результатов опыта и научных подходов к формированию интегрированных управляющих систем, представленных в открытой публикации, а также собственных работах автора [7]. Отличительная особенность такой интеграции - объединение объектов и процессов с различными средствами управления (механическими, гидравлическими, электрическими, электронными, информационными) их функционированием. Использованы прикладные теории и методики концептуального проектирования, математического моделирования, структурного синтеза, динамического анализа, рационализации выбора параметров

Результаты и обсуждения

Рациональный подход к использованию ресурсов агроэкосистемы приобретает с каждым годом все большую значимость, прежде всего в условиях мелиорации земель, где важным фактором является уровень целостности системы агромелиоландшафтов, обеспечивающих как повышение качества использования земельных и водных ресурсов, так и создание устойчивых условий для сохранения окружающей среды. Благодаря комплексному контролю, анализу и учету почвенно-климатических условий при использовании программных средств по оценке мелиоративного состояния агроэкосистемы, появляется возможность максимальной реализации генетического потенциала сельскохозяйственных культур со снижением антропогенной нагрузки на окружающую среду. Сегодня все большую актуальность находят стратегии интенсификации агропроизводства, основанные на масштабном использовании информационных технологий в автоматизированном управлении технологическими процессами (рисунок 1) [8].

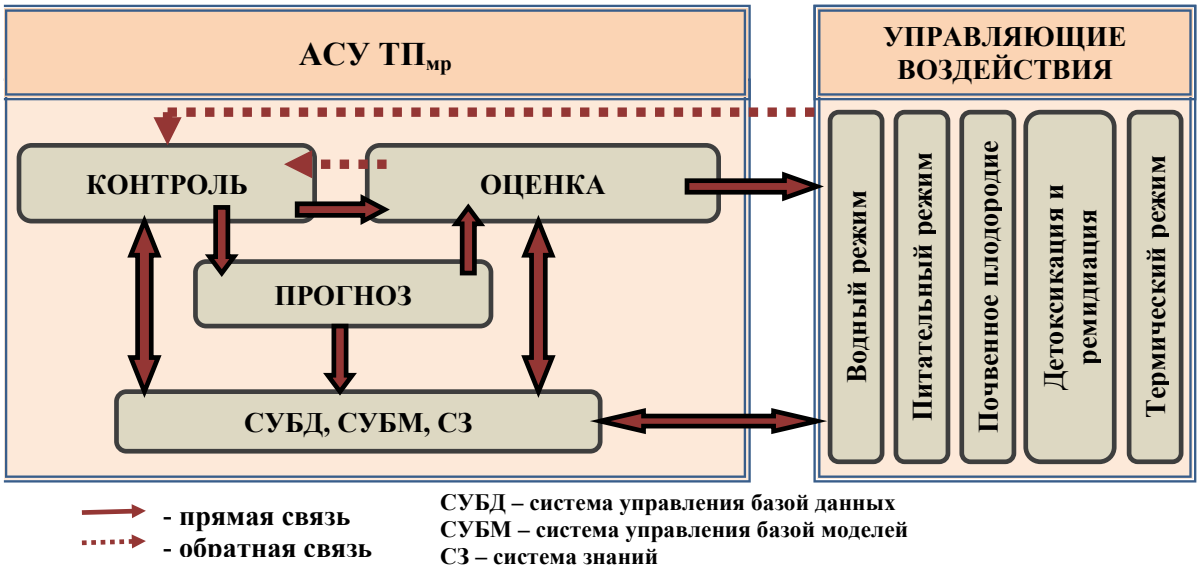


Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема автоматизированной системы управления мелиоративным режимом и плодородием агроэкосистемы

Для каждой конкретной агроэкосистемы используются индивидуальные технологии управляющих воздействий различной степени интенсивности в зависимости от биологического и почвенно-климатического потенциала агроэкосистемы, а также и от организационно-хозяйственных условий агропроизводства [9]. При интенсивных агротехнологических процессах данную задачу решают на

основе математических моделей управления с использованием ГИС-технологий и программных комплексов, предоставляющих гарантию оперативного доступа пользователя к имеющемуся массиву данных для создания рационального управляющего воздействия. Для того, чтобы осуществить анализ, выработку и принятие решений по управляющим воздействиям в настоящее время используется целый комплекс методов в виде:

-информационного поиска;

-интеллектуального анализа данных;

-поиска информации в базе данных;

-иммитационного моделирования;

-ситуационного анализа.

Обобщенный алгоритм формирования управляющего воздействия для регулирования мелиоративного состояния агросистемы выглядит следующим образом:

-формализация предметной области в виде разработки описательной и классификационной шкалы;

-формирование обучающей выборки в виде ввода информации о состоянии среды и объекта управления, вариантов управляющего воздействия;

-проверка точности;

- принятие модели в эксплуатацию или ее доработка

-идентификация прогнозирования мелиоративного состояния агросистемы;

-выработка управленческого решения с применением системы распознавания с целью прогнозирования результата управления;

-оценка результативности принятого решения.

Приведенный алгоритм управляющего воздействия регулирования мелиоративного состояния агроэкосистемы позволяет в полной мере рассмотреть и сравнить сразу несколько различных вариантов управления и выбрать наилучший из них по заданным критериям.

Выделяют следующую специфику реализации управляющего воздействия системы прецизионного регулирования:

- существенное различие постоянных значений времени для исполнительных элементов при наличии у них импульсности;

-наличие у исполнительных элементов временных задержек.

Это затрудняет моделирование работы прецизионных систем. Применение рекомендуемых в настоящее время схем реализации управляющих воздействий на мелиоративное состояние агроэкосистем в сочетании с вариациями использующихся технических средств обусловливает погрешность АСУ не превышающую 10-20%, что при соответствии нормативу работоспособности системы прецизионного регулирования в целом, не гарантирует должный уровень изучения погрешностей исполнительных элементов [1].

Использование метода «масштаба моделирования», характеризующего степень детализации процессов в модели и возможность воспроизведения их наряду с самыми крупными в данной модели процессами, может стать действенным фактором решения указанной проблемы

Достаточно ярко выраженной тенденцией и очевидной направленностью в изменении функциональных возможностей, структуры и алгоритмов воздействий управленческих систем поддержки корректирующих воздействий на операции производства, является [10]:

- унификация, агрегатирование и типизация.
- максимально полная автоматизация всех процессов производства (основных и вспомогательных);
- централизованная и интегрированная трансформация первичной информации в режиме «онлайн» технологического производственного процесса и ее применение для своевременного регулирования, адаптации и эволюции управляющей системы путем корректировки параметров аналитических моделей и для процедур вышестоящих уровней иерархии управления;
- электронное сопровождение технологических процессов производства и организационно-производственных процессов;
- постоянное повышение уровня встроенного искусственного интеллекта в технологиях поддержки управленческих решений;
- интеграция информационных производственных технологических операций и процедур руководства предприятием;
- использование средств автоматики и телемеханики, минимизирующих вмешательство человека в технологии корректировки технологических процессами производства;
- ориентация на технологии «Интернет-вещей»;
- взаимодействие с облачными сервисами, представленными «облаком управления».

Автоматизация технологических процессов мелиоративного водохозяйственного комплекса, пришедшаяся в основном на годы масштабного развития мелиорации в 60-70 гг. прошлого столетия, выполнялась по трехуровневой иерархическоой концепции управления, предполагающей формирование направленного тока данных и сведений: «восходящего» (снизу вверх) и «нисходящего» (сверху вниз). Общий вид иерархической трехуровневой структуры АСУ ТП характеризуется на рисунке 2 по материалам [11].

На нижнем (полевом) уровне АСУ ТП формируются исходных данные и реализуются посредством исполнительных устройств (ИУ) управляющие воздействия. Данные нижнего уровня, поступающие от специальных датчиков контроля состояния объекта наблюдения, передаются на устройства автоматической обработки - регуляторы (контроллеры) следующего уровня АСУ, представленного системой автоматизации управления (САУ), из которого в формате управляющих воздействий попадают на исполнительные устройства (ИУ). Информация о реализации технологического процесса с нижнего уровня АСУ ТП и уровня САУ поступает на следующий - операторский, где она учитывается и визуализируется на экранах, табло и др. носителях.

Корректировка управляющих воздействий может выполняться диспетчером: на регуляторе путем формирования нового задания или в ручном режиме на ИУ посредством дистанционного управления.

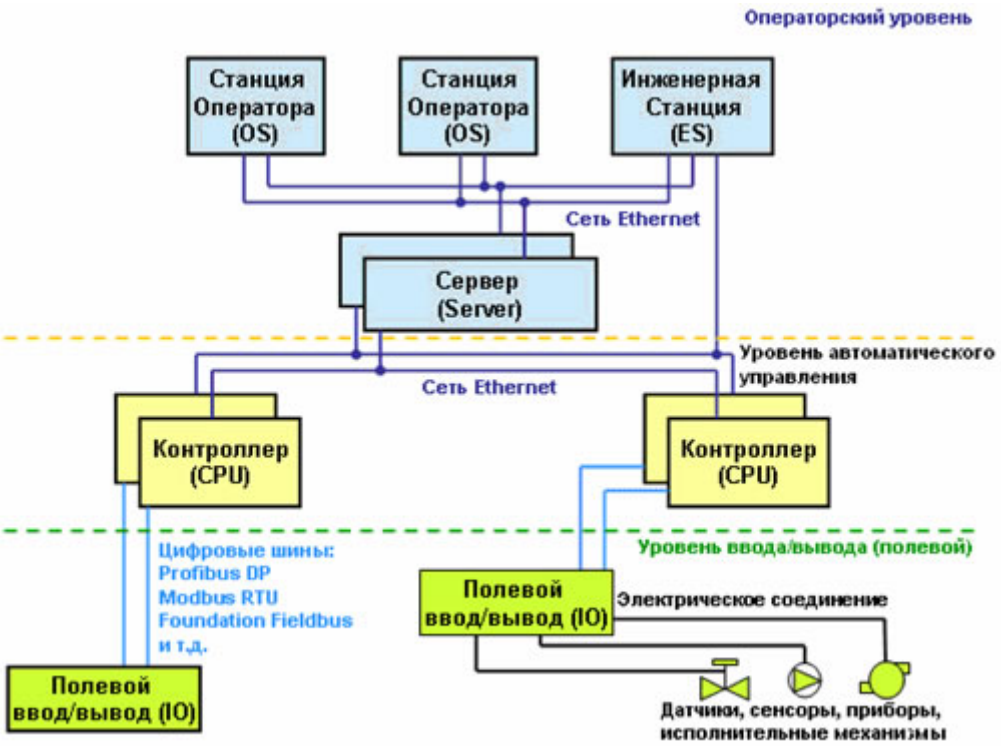


Рисунок 2 - Иерархическая трехуровневая структура АСУ ТП [11]

Анализ теории программного комплекса АСУ ТП настоящего периода, выявил тенденцию их интеграции с информационными системами управления предприятием и управленческими технологиями высшего звена агропромышленного комплекса. Очевидно, что действенность комплекса автоматизированного управления производством обусловлена успешностью функционирования его конкретных АСУ ТП, но обеспечить успешность отдельно взятой АСУ ТП без должного уровня цифровизации управления предприятием (системы АСУ П) в целом, практически, невозможно. Концептуальная схема цифрового управления предприятием представлена на рисунке 3.

Приоритетная направленность интеграции функциональных автоматизированных подсистем управления предприятием и производством заключается: в организации общего информационного потока для их функционирования и единого информационного поля для действенной оценки складывающейся конкретной ситуации агропроизводства в целом; своевременного назначения рациональных управленческих воздействий и устранения информационных и организационных препятствий взаимодействия между подсистемами производства и предприятия.

Отсюда - потребность в объединении уровней АСУ ТП и АСУ П, для чего имеются все необходимые возможности:

- властные структуры агропромышленного комплекса повышают заинтересованность в получении своевременных и достоверных сведений об оперативных и архивных показателях технологических процессов;

- сформирована в необходимом и достаточном объеме сетевая инфраструктура;

- на рынке цифровых технологий автоматизации появляются различные виды специализированных программных продуктов, включая разработки для SCADA-систем, представляющих наиболее распространенную группу технологий и оборудования.

Рисунок 3 – Концептуальная схема системы цифрового управления предприятием

Сегодня, в условиях научно-технического прогресса, значимо повысился уровень качества оперативных решений специалистов всех функциональных подразделений предприятия, что обеспечивается, в первую очередь, за счет хорошей оснащенности компьютерами, средствами связи и коммуникаций, а также цифровыми технологиями. Задача интеграции уровней АСУ базируется на формировании массива информации нижнего уровня (от датчиков и контроллеров) и ее передаче во внутренние и внешние компьютерные сети организации и далее в административные системы управления (уровень АСУ П). Важная роль такой вертикальной интеграции заключается в обеспечении беспрепятственности информационных токов между уровнями АСУ П и АСУ ТП для своевременного обмена данными.

Воплощение в жизнь цифровой системы управления организацией следует выполнять на основе принципов - унификации и стандартизации используемой информации (по формату и содержанию) и цифровых технологий, составляющих ее структуру, что обеспечивает взаимосвязь, как цифровой поддержки производственных процессов, так и участников производства. Важную роль играет также корректное решение задачи взаимодействия программных средств и циф-

ровых технологий, использующихся для эффективного воздействия управленческих решений в конкретных условиях производства, с инфраструктурой становления цифрового ресурса для последующего обеспечения информационной поддержки участников производственных процессов.

Следовательно, структуру системы цифрового управления предприятием необходимо формировать с учетом интеграции доступов к информации по организации производственных процессов и по создаваемому продукту (услуге) процесса производства. Предложенная в составе исследований структура системы цифрового управления мелиоративным предприятием представлена на рисунке 4.

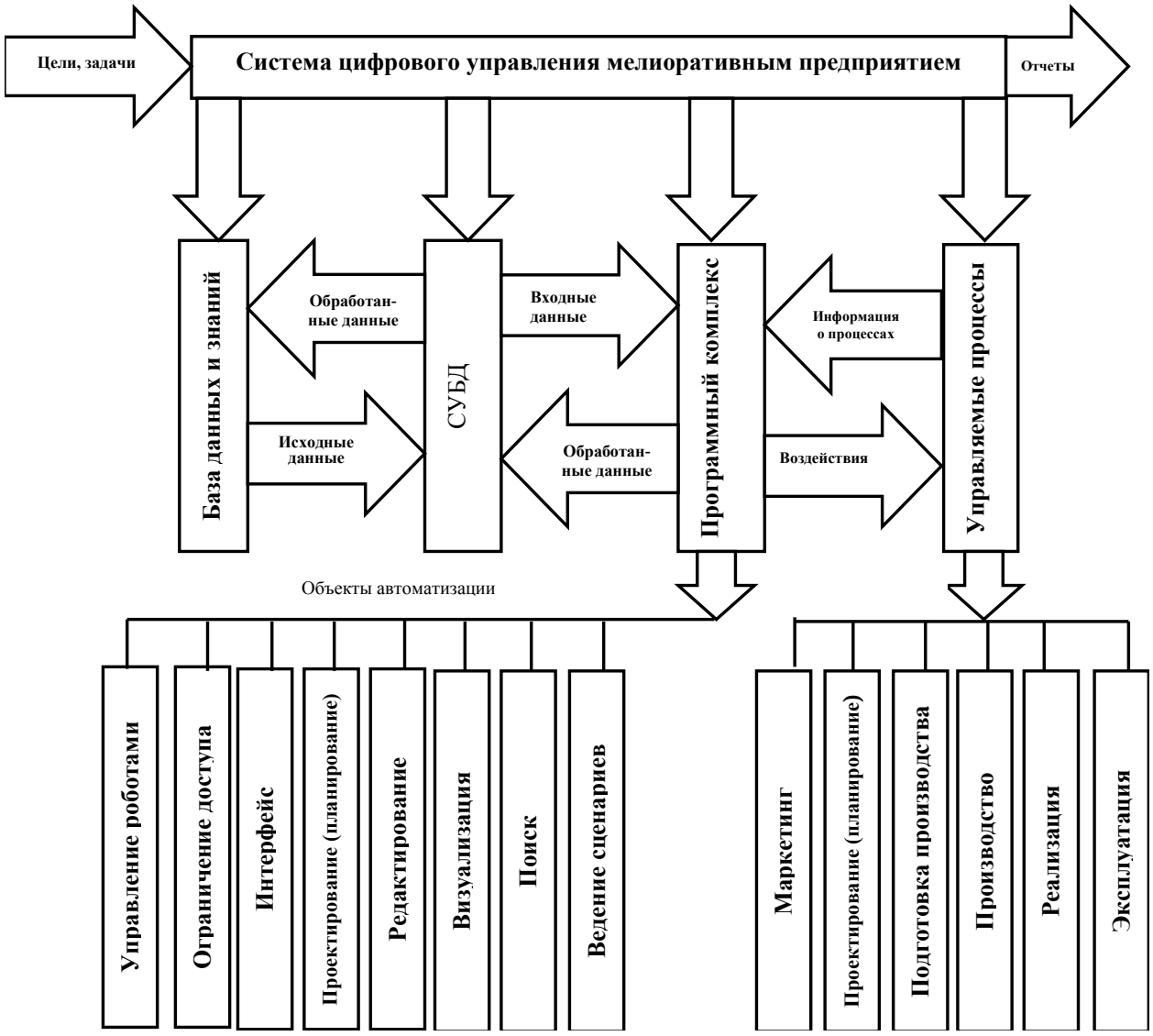


Рисунок 4 – Модель системы цифрового управления мелиоративным предприятием

Указанная структура цифрового управления (ЦУ) реализует системный и компьютерный способы регулирования конкурентоспособности предприятия, обеспечивая конкурентоспособность создаваемого продукта на протяжении

всего его жизненного цикла, что достигается эффективностью взаимосвязи производственных процессов внутри предприятия, а также между участниками всей производственной цепочки.

Структуризация, типизация и универсализация информации способствует снижению вплоть до полного исчезновения информационного «беспорядка» и коммуникационных барьеров регулирования производства и, как следствие, росту действенности цифровых процедур в части формирования производственных издержек и параметров выпускаемой продукции.

Внедрение указанного принципа создания цифровых систем обеспечивает действенность наблюдения за производством и повышает отзывчивость операций цифровой поддержки управления на его трансформацию. Процедуры поддержки оперативных решений снижают время формирования требующейся для корректировки технологических операций информации и повышают обоснованность принимаемых управляющих воздействий, что обеспечивает престижность организации в деловом сообществе, повышая ее конкурентоспособность.

Заключение

Следовательно, успешное становление в сфере агропроизводства автоматизированных систем прецизионного регулирования мелиоративного режима агроэкосистем, соответствующих эволюции зарубежной и отечественной теории и практики в области цифровизации производственных секторов экономики, потребует масштабных исследований по совершенствованию действующих алгоритмов управляющих воздействий и структуры информационных цифровых технологий управления агропроизводством на мелиорируемых землях.

Список использованных источников

1. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России/Под редакцией Л. В. Кирейчевой. -М: «ФГБНУ ВНИИ агрохимии», 2017.-296 с.

2. Эколого-экономическая эффективность комплексных мелиораций Барабинской низменности/Под ред. Л. В. Кирейчевой. -М.: ВНИИА, 2009. -312 с.

3. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами/Под науч. ред. д.т.н., проф. Л.В. Кирейчевой. -М.: ВНИИА, 2010. -240 с.

4. Бандурин, М.А. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОПРОВОДЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ/М.А. Бандурин, И.Ф. Юрченко, В.А. Волосухин, В.В . Ванжа, Я.В. Волосухин//Экология и промышленность. -2018. -Т. 22. -№ 7. - С. 66-71.

5. Богачев И.В. ИТ-инновации в России: возможности и основные направления в ближайшие годы. Форум Cnews 2013. Стенограмма выступления 14 ноября 2013 г. - Москва, 2013. [Электронный ресурс] - Режим доступа: URL:http: // www.youtube.com/watch?v=H7o-or787Mo.(дата обращения 06.08.2019).

6. Волосухин Я.В., Бандурин М. А., Проведение эксплуатационного мониторинга с применением неразрушающих методов контроля и автоматизация моделирования технического состояния гидротехнических сооружений//Мониторинг. Наука и безопасность. -2011.-№ 3. -С. 88-93.

7. Bandurin M.A., Yurchenko I.F., Volosukhin V.A. Remote Monitoring of Reliability for Water Conveyance Hydraulic Structures//Materials Science Forum. 2018. Vol. 931, pp. 209-213.

8. Yurchenko, I. F. Information support system designed for technical operation planning of reclamative facilities/I. F. Yurchenko//Journal of Theoretical and Applied Information Technology. -2018. -Vol. 96, № 5. -P. 1253-1265.

9. Волосухин, Я. В. Применение неразрушающих методов при проведении эксплуатационного мониторинга технического состояния каналов обводнительно-оросительных систем/Я. В. Волосухин, М. А. Бандурин//Мониторинг. Наука и безопасность. -2012. -№ 2. -С. 102-106.

10. Development and Improvement of Systems of Automation and Management of Technological Processes and Manufactures / N. Yusupbekov, F. Adilov, F. Ergashev//Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems.–2017.–11.–No3. – P. 53-57. – [Elec-tronic resource].–Access mode: http: /yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta. element.Baztech - 616c5d53 - 28df-4b92-bc33-24687bcef01d. (дата обращения 06.08.2019).

11. Структура распределённой АСУ – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.teh-lib.ru/atpip/struktura-raspredeljonnoj-asu-tp.html.(дата обращения 06.08.2019).

С О Д Е Р Ж А Н И Е

БЕЗОПАСНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРОМЕЛИРАТИВНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

М.Р. Барамыков
УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ СЛОИСТОЙ И СТРУЙНОЙ МОДЕЛЕЙ СТРУКТУРЫ РУСЛОВОГО ПОТОКА 3
М.Р. Барамыков
ЧИСЛО ФРУДА ПОЛНОГО ДОКРИТИЧЕСКОГО ПОТОКА..... 6
В.Б. Жезмер
ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОПРОСА КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ..... 9
В.Б. Жезмер
СНИЖЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ МЕАНДРИРОВАНИЯ И РУСЛООБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАРАСТАНИЯ ПОЙМЫ ДРЕВЕСНОЙ И КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ..... 15
Н.О. Науменко _Toc20758880
ПЕРСПЕКТИВА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОХОЖДЕНИЯ ПАВОДКОВ И ВОЛН ПРОРЫВА В ВИДЕ 3D МОДЕЛИ..... 21
С.А. Сидорова
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИОРИТЕТНОСТИ РАБОТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА..... 23
В.Л. Снежко, О.С. Симонович
ПРОГНОЗ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН IV КЛАССА ПРИ ОТСУТСТВИИ РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ 29
А.А. Талызов
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СООРУЖЕНИЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ 35

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

А.А. Бубер
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНОГО И ХИМИЧЕСКОГО СТОКА В БАССЕЙНЕ р. МАЛЫЙ КАРАМАН В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ 42
А.Л. Бубер, В.Б. Бубер
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНФИГУ-РАЦИИ ДИСПЕТЧЕРСКИХ ГРАФИКОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ

РАБОТЫ КАСКАДОВ ВОДОХРАНИЛИЩ (НА ПРИМЕРЕ КОМПЛЕКСА «ОЗ.БАЙКАЛ –АНГАРСКИЙ КАСКАД ВОДОХРАНИЛИЩ»).....48
И.В. Глазунова, Э.В. Екимова
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ВАЗУЗСКОЙ ГИДРОСИСТЕМЫ.....55
Э.Б. Дедова, Р.М. Шабанов
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ОЗЕРА САРПА 58
В.И. Иванова
МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ОЗЕРА БОЛЬШОЕ ЯШАЛТИНСКОЕ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ....63
А.В. Ильинский, Г.В. Побединская
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДВОДНОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ р. ВОЛГА.....68
А.В. Ильинский, Г.В. Побединская
РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ В ПОЧВЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРУБОПРОВОДА НА ТЕРРИТОРИИ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ 72
С.Д. Исаева, Э. Б. Дедова, И.Г. Бондарик, Е.А. Макарычева, Е.В. Овчинникова, Т.В. Наумова, А.А. Дедов, Н.П. Курбатов, О.А. Стрижников
МЕТОДИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ 75
Г.Х. Исмайылов, Н.В. Муращенкова
ОЦЕНКА НЕСТАЦИОНАРНОСТИ И ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЕМЕНТОВ ВОДНОГО БАЛАНСА РЕЧНОГО БАССЕЙНА НА ПРИМЕРЕ ВОЛГИ 81
Г.Х. Исмайылов, А.В. Перминов
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВОДОХРАНИЛИЩ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО КАСКАДА.....88
Н.П. Карпенко, И.В. Глазунова
ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ г. МОСКВЫ.....95
Л.В. Кирейчева, А.Т. Козыкеева, Ж.С. Мустафаев, С.Д. Даулетбай
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИТУАЦИИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ШУ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 100
Л.В.Кирейчева, Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, Л.К. Жусупова, К.Б. Абдешев
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ АГРОЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ (КЫЗЫЛОРДИНСКАЯ ОБЛАСТЬ) 106
В.И. Клёпов
НАДЕЖНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВОДНО - РЕСУРСНЫХ СИСТЕМ 111

А.Т. Козыкеева, Ж.С. Мустафаев, А.Б. Арыстанова
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В РЕЧНЫХ ВОДАХ В БАССЕЙНЕ р. ЖАЙЫК 114
А.Т. Козыкеева, Ж.С. Мустафаев, Б.Е. Тастемирова
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА СТОКА ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ ТОБЫЛ 120
Н.П. Курбатов
ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИТЕРИЕВ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ 125
Б.И. Корженевский, Г.Ю. Толкачев, Т.А. Ильина, Е.Н. Гетьман
ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ КЛЯЗЬМЫ 131
Е.А. Лентяева
АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕКОНТРОЛИРУЕМЫХ СТОКОВ С СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ 135
Ю.А. Мажайский, А.А. Волчек, О.П. Мешик, Л.Н. Гертман,И.Ю. Давыдова
УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В БАССЕЙНАХ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК 141
Е.А. Макарычева
ОБОСНОВАНИЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ И МЕТОДОВ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ 148
В.П. Максименко, С.А. Филиппов
РОБОТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ОДНОВРЕМЕННОЙ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА МЕМБРАННЫХ УСТАНОВКАХ 153
А.А. Маликова, Н.В. Коломийцев
ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ КАК ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ 158
Л.Н. Медведева
ПЛАТФОРМА ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ 162
Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, К. Жанымхан
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДОСБОРНУЮ ТЕРРИТОРИЮ БАССЕЙНА РЕКИ КАРАТАЛ 167
Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, А.Н. Калмашова
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ ЕСИЛЬ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 174
Ж.С. Мустафаев, А.Т.Козыкеева, А.М. Камалиев
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ВОДОСБОРАХ БАССЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ШУ 181

Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, Л. Рыскулбекова
ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОСБОРА БАССЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ИЛИ 191
Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, А.А. Сагаев, Е.Н. Алимбаев
ОЦЕНКА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ В ВОДОСБОРАХ НИЗОВЬЯ РЕКИ СЫРДАРЬИ .. 196
У.С. Парманов, А.Т. Тлеукулов, К. Алмаскызы, К. Ахат, Ж. Жумабек
РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КАЗАХСТАНА, С УЧЕТОМ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РЕГИОНОВ 202
А.С. Сейтказиев
ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОМЫВНЫХ НОРМ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ 207
В.А. Супрун
ИССЛЕДОВАНИЕ БИОСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД С РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ 213
Н.С.Тореханова, А.Е. Алдиярова, Б.А. Зулпыхаров
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕКИ ЕРТИС НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 218
Е.В. Федотова
ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА РИСОВОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ В УСЛОВИЯХ МАЛОВОДЬЯ НА ПРИМЕРЕ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА НИЖНЕЙ КУБАНИ 223
Р.М. Шабанов, Э.Б. Дедова
СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ ЕРГЕНИНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЗЗ 227

ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВАМЕХАНИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

Х.А. Абдужаббров, И.М. Жогин, М.М. Камалов, И.В. Цветков
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРЕХСТОЕЧНОГО РЫХЛИТЕЛЯ МЕТОДАМИ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА 234
Г.Х. Бедретдинов
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ЗАКУСТАРЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ 240
Г.А. Булаева, В.Н. Буравцев
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МОБИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА НА МЕЛКОКОНТУРНЫХ УЧАСТКАХ 245

А.А. Добрынин
ВЗРЫВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ЖИДКИХ ВЗРЫВЧАТЫХ РАСТВОРОВ 254
А.Н. Ефремов
ТЕХНОЛОГИЯ ПОСЛОЙНОЙ ПЛАНИРОВКИ ЗЕМЕЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНО-ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ 257
Б.М. Кизяев, Г.Х. Бедретдинов
ОТДЕЛ МЕХАНИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ, ЭТАПЫ БОЛЬШОГО ПУТИ 261
С.Ю. Насонов
ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕЛИОРАТИВНОГО КЛИН-ПЛАНИРОВЩИКА 269
А.Е. Новиков, М.И. Ламскова, М.И. Филимонов, С.В. Бородычев
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ФИЛЬТРУЮЩИМИ ГИДРОЦИКЛОНАМИ..... 272
Н.А. Палкин
ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ЗАИЛЕНИЙ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ АКУСТИЧЕСКИМИ ВОЛНАМИ..... 279
Н.А. Палкин
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВИДЕОДИАГНОСТИКИ ЗАИЛЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ 283
В.С. Пунинский
ИСТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ЦЕНТРА ВНИИГИМ И РАЗВИТИЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МАШИН 289
М.И. Филимонов, А.Е. Новиков, М.И. Ламскова, Т.Г. Константинова
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД..... 295

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕЛИОРАЦИИ, РЕКУЛЬТИВАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Е.В. Дубина-Чехович, О.Н. Бахмет, А.В. Мингалеев
МЕЛИОРИРОВАННЫЕ ЗЕМЛИ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА В КАРЕЛИИ 300
А.В. Ильинский
НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЛЮЕНТА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ 305
Л.Н.Медведева, М.В.Фролова, А.В. Медведев, П.Д.Ванеева
ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ЗЕЛЕНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕЛИОРАТИВНОМ КОМПЛЕКСЕ АПК 308
Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, Н.А.Турсынбаев, М.К. Ешманов

БИОКЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОДОСБОРА БАССЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ТАЛАС.....316
П.И. Пыленок
МЕЛИОРАТИВНЫЙ КЛАСТЕР АГРОБИОТЕХНОПАРКА 322
И.Ф. Юрченко
АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И СТРУКТУРА СИСТЕМ ПРЕЦИЗИОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМ.....327

Научное издание

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕЛИОРАЦИЙ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Материалы международной юбилейной
научно-практической конференции

Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка – Е.Н. Гетьман
Макет обложки – А.В. Матвеев

Подписано в печать 02.10.2019 г.
Усл. печ. л. 21,8. Тираж 500 экз.
Заказ № L25.0716.028
Издательство ВНИИГиМ
127550 Москва, ул. Большая
Академическая, 44, корп. 2

Отпечатано с готовых макетов
в типографии ООО «ОнтоПринт»
105187, Москва, ул. Окружной
проезд, д. 18, офис 78
www.ontoprint.ru

ISBN 978-5-6042439-9-2