

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова»**

**МЕЛИОРАЦИЯ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО:
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**

Материалы международной
научно-практической конференции
(Костяковские чтения)

29-30 марта 2016 г.

Том II

Москва 2016

УДК 631.6
ББК 40.6

Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. Материалы международной научной конференции. Том II. –М.: Изд. ВНИИА, 2016. - 336 с.
ISBN 978-5-9238-0213-9

Во втором томе материалов Международной научно-практической конференции, посвященной памяти основоположника мелиоративной науки Алексея Николаевича Костякова опубликованы статьи, посвященные технологиям и техническим средствам механизации мелиоративных работ, проблемам охраны и рационального использования водных и земельных ресурсов, экономики водного хозяйства, управления водохозяйственными системами, а также вопросам, связанным с применением информационных технологий в мелиорации.

Сборник содержит доклады в авторской редакции.

Редакционный совет: академик РАН, д.т.н. Б.М. Кизяев (председатель), профессор, д.т.н. Л.В. Кирейчева (зам. председателя), доктор с.-х.н. В.П. Максименко, д.т.н. С.Д. Исаева, к.т.н. М.А. Волынов, к.т.н. А.О. Щербаков, к.т.н. Г.Х. Бедретдинов

УДК 631.6
ББК 40.6

ISBN 978-5-9238-0213-9

© ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2016
© ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2016

ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

УДК :631.173.2

ЭТАПЫ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ И МЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИН В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ

А.С. Апатенко

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

3 октября 2014 года президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин провел совещание с членами Правительства. Ключевой темой совещания стало содействие импортозамещению в промышленности и сельском хозяйстве на 2014–2015 годы. На повестке дня стоял вопрос: Как будет развиваться отечественное сельское хозяйство в условиях временного ограничения на ввоз продуктов из стран, присоединившихся к санкциям против России?

Проблема развития сельского хозяйства значительно шире вопросов продовольственной безопасности: поддержка отечественного производителя не только позволит стране выйти на уровень самообеспечения (как это было в СССР), но и возродит село, остановив его вымирание. Но для этого нужны не бумажные планы, а реальные действия.

Действительно, для сельхозмашиностроения уходящий год был неплохим, на 15 процентов увеличились продажи отечественной сельхозтехники в то время, как во всем мире рынок сельхозтехники падал. Этому есть несколько причин. Первая — это хороший урожай в прошлом году. У крестьян были деньги, и они их потратили. Второй момент — это девальвация рубля и это тоже повышает конкурентоспособность нашей продукции, т.е. себестоимость остается в рублях той же самой, а в валюте она сейчас дешевле. Поэтому отечественные машиностроители вытесняют иностранную технику с российского рынка и увеличивают экспорт. Ну и эмбарго тоже сыграло свою роль, потому что какие-то ограничения были введены на импорт сельхозтехники и продовольствия. Значит у крестьян есть некоторый оптимизм, они видят, что у них доля рынка вырастет, они больше смогут продать в будущем году. Поэтому они больше потратили денег на закупку этой техники и другого оборудования [1].

Таким образом, мы видим увеличение парка новой техники в последнее время, но нельзя забывать о том, что износ основных, производственных фондов, в том числе в мелиоративных организациях достиг высокого уровня, а коэффициент обновления за последние годы, был один из самых низких из всех отраслей агропромышленного комплекса.

Поэтому надеяться на то, что за год успели обновить весь парк машин не приходится, а, следовательно, вопросы эффективного ремонтно-технического воздействия продолжают оставаться актуальными и в современных условиях.

Отдельно стоит отметить, что вследствие широкого распространения в АПК комплексной механизации, остановка одной машины технологического комплекса приводит к остановке всего технологического процесса, особенно ситуация осложняется при отказе машины, применяемой на ведущей операции. Поэтому, эффектив-

ность эксплуатации машин является одним из основных вопросов, определяющих, в целом, эффективность хозяйственной деятельности производственных организаций. Только работающие машины создают рыночную продукцию, а машины не работающие, издержки производства, и чем простои машин по техническим причинам больше, тем издержки существеннее. Ликвидация этих потерь требует совершенствования системы технической эксплуатации [2].

Как правило, тяжёлые условия эксплуатации мелиоративных и строительных машин обуславливают более быстрое проявление дефектов и неисправностей отдельных элементов в виде нарушений работоспособности агрегата в целом. В свою очередь агрегат состоит из базовой машины – трактора и агрегируемой машины – орудия [3]. Нарушение работоспособного состояния в процессе эксплуатации агрегата происходит под воздействием множества факторов (конструктивных, технологических, эксплуатационных, организационно-производственных и других) и носит случайный характер.

Анализ причин возникновения характерных технических отказов агрегатов при выполнении мелиоративных работ показал, что большинство отказов связано с производственными дефектами. Последствия отказов, возникших до назначенного срока проведения ремонтных работ, устраняют по мере необходимости после отказа путем ремонтно-технических воздействий. Поток требований на устранение отказов формируется в результате воздействия на объекты эксплуатации различных случайных факторов. Отказ машин - явление случайное, но причины появления отказов связаны с определёнными физико-механическими процессами, происходящими в материалах и конструкциях элементов и систем в процессе их эксплуатации. Принципиальная схема системы эксплуатационного обеспечения безотказной работы машин технологических комплексов представлена на рисунке 1.

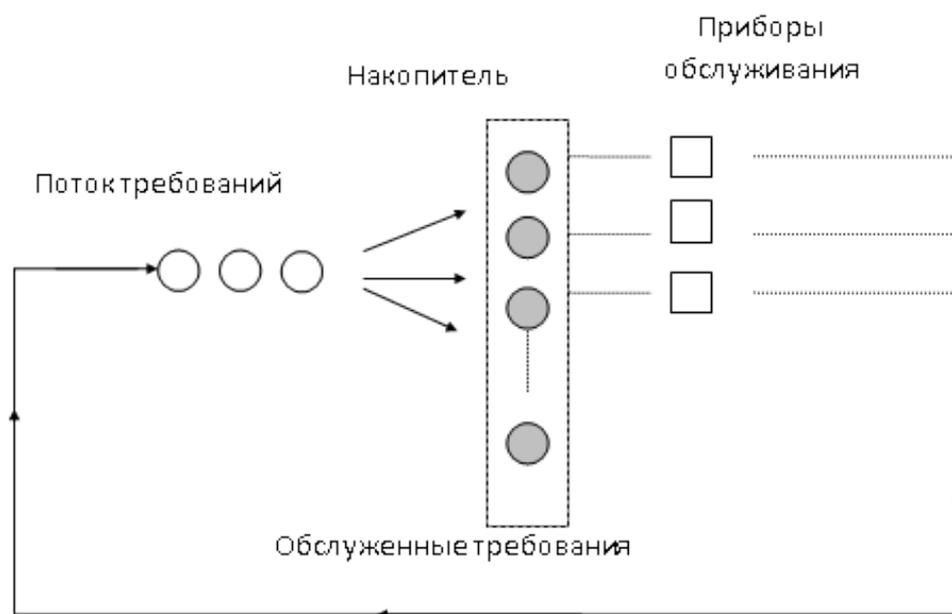


Рисунок 1 - Принципиальная схема системы эксплуатационного обеспечения безотказной работы агрегатов

В представленной системе в качестве основного источника заявок на устранение последствий технических отказов, рассматриваются машины технологического комплекса. Для своевременного предупреждения отказов необходимо знать и количественно описать закономерности накопления технических отказов во времени.

Процесс накопления технических отказов, как правило, описывается на основе статистических данных о времени безотказной работы машин. В данном случае, обработкой экспериментальных данных методами математической статистики было определено, что закон распределения наработки между техническими отказами согласуется с показательным законом распределения. Анализ потока требований на устранение отказов показал, что данный поток обладает тремя свойствами пуассоновского потока: стационарностью, ординарностью и отсутствием последствия [4]. Устранение последствий технических отказов машин в процессе эксплуатации обеспечивается постом ремонтно-технического обслуживания (прибор обслуживания). При этом каждый из приборов может обслуживать одновременно только одну заявку, затрачивая при этом случайное время, распределённое по экспоненциальному закону. Классифицировав исследуемую систему и используя математический аппарат теории однородных марковских процессов, можно аналитически описать вероятности нахождения базовых, агрегируемых машин и агрегатов технологических комплексов в различных состояниях процесса, а также определить числовые характеристики функционирования моделируемой системы.

Рассмотрим агрегаты технологических комплексов, как сложную систему, в которой состояние всех агрегатов обусловлено состоянием их базовых машин (трактор) и агрегируемых машин (орудия), в соответствии с требованием технологии выполнения работ. Далее рассмотрим основные состояния базовых и агрегируемых машин технологических комплексов в системе эксплуатационного обеспечения безотказной работы при выполнении работ.

График возможных состояний машин исследуемой СМО с ожиданием представлен на рисунке 2.

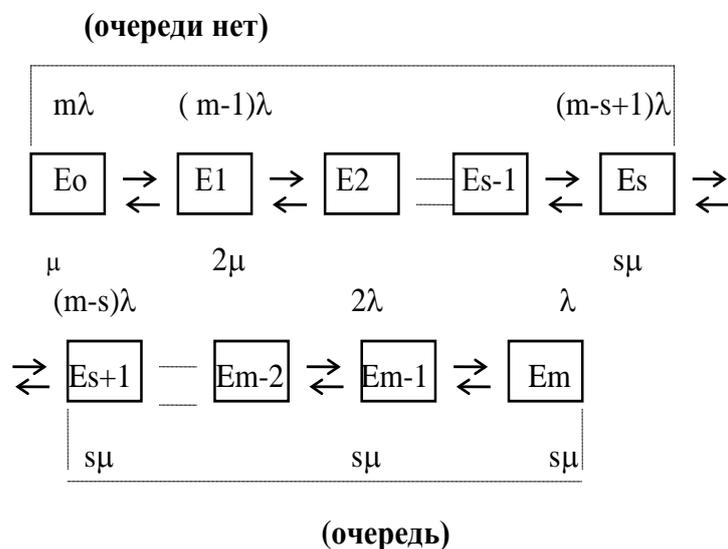


Рисунок 2 - График возможных состояний машин технологического комплекса в системе обслуживания

Современное состояние методологии исследования и оптимизации сложных систем позволяет разработать методику определения оптимальной обеспеченности ремонтно-технических воздействий (РТВ) для машин технологических комплексов без проведения большого массива экспериментов. В её основе лежит имитация сложных процессов на ЭВМ. Алгоритм математической модели, записанный на машинном языке, позволяет при заданных начальных условиях и численных значениях параметров системы оценить с учётом вероятностных факторов характери-

стики системы, предусмотренные программой исследования. Оптимизация обслуживающей системы заключается в том, что всем её элементам необходимо придать такое количественное соотношение, чтобы в конкретных условиях обеспечивалось выполнение планируемых объёмов работ при минимуме финансовых и трудовых затратах. Экономико-математическая постановка задачи определения оптимальной обеспеченности ремонтно-технических воздействий на агрегаты технологических комплексов, включает в себя целевую функцию, описывающую критерий оптимизации, имеет следующий вид:

$$Y(a) = \frac{C_1 M_{0(a)} + C_2 (M - M_{0(a)}) + C_3 S}{MW_0(1 - K_{na(a)})} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $Y(a)$ – минимум затрат на эксплуатацию агрегатов, руб./га.; C_1 – потери от простоя агрегата, руб./ч.; C_2 – прямые затраты на эксплуатацию одного агрегата, руб./ч.; C_3 – затраты на содержание постов РТО, руб./ч.; $M_{0(a)}$ – среднее количество не работоспособных агрегатов, ед.; $(M - M_{0(a)})$ – среднее количество работоспособных агрегатов, ед.; S – количество постов ремонтно-технического обслуживания (РТО) в системе, ед.; $K_{n(a)}$ – коэффициент простоя агрегатов; W_0 – среднечасовая эксплуатационная производительность одного технологического комплекса, га/ч; M – общее количество агрегатов, ед.

В качестве критерия оптимальности предлагается минимум затрат на эксплуатацию агрегатов технологических комплексов, с учётом потерь от простоя базовых (трактор) и агрегируемых (орудий) машин по техническим причинам, в расчёте на 1 га выполненной работы.

Разработанная нами методика по определению оптимальной обеспеченности ремонтно-технических воздействий агрегатов технологических комплексов для мелиоративных работ, включает в себя потери (ущерб) от неплановых отказов базовых и агрегируемых машин.

Определение оптимальной обеспеченности ремонтно-технических воздействий на агрегаты технологических комплексов заключается в том, что всем её элементам необходимо придать такое количественное соотношение, чтобы в конкретных условиях обеспечивалось выполнение планируемых объёмов работ при минимуме финансовых и трудовых затратах.

Интенсивности потоков, переводящие рассматриваемые машины из одного случайного состояния в другое при работе, определены в результате обработки статистической информации. Вероятностная структура агрегатов культуртехнического комплекса, с учётом возможных состояний их базовых и агрегируемых машин, определена в результате моделирования процессов на ПЭВМ [4].

Уровень надёжности состава технологического комплекса машин в мелиоративных организациях определяется при его формировании. При этом учитывается, что надёжность работы парка машин в целом обусловлена уровнем надёжности технических средств в его составе, определяющим, в свою очередь, состав и структуру системы эксплуатационного обеспечения (система обслуживания), которая в значительной степени влияет на уровень надёжности технологического комплекса и определяет затраты на его эксплуатацию.

Отличительной особенностью предложенных рекомендаций является то, что они учитывают показатели надёжности базовых и агрегируемых машин, уменьшают потери от простоев по техническим причинам, тем самым способствуют снижению суммарных эксплуатационных затрат парка машин в целом.

Разработанная методика способствует решениям вопросов импортозамещения строительных и мелиоративных машин в водохозяйственном комплексе России и позволяет повысить эффективность эксплуатации технических средств в современных условиях.

Список использованных источников

1. О первых итогах импортозамещения в сельском хозяйстве /К.А. Бабкин руководитель ассоциации "Росагромаш", [Электронный ресурс]. URL: <http://exp.idk.ru/question/interview/o-pervykh-itogakh-importozameshheniya-v-selskom-khozyajstve/387742/>. (дата обращения 15.02.2015).

2. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства / В.И. Черноиванов, А.А. Ежевский, В.Ф. Федоренко: науч. издание – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 284 с.

3. Апатенко А.С. Методы эффективного использования машинно-тракторных агрегатов в мелиорации // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Том 113 – С.156-161.

Апатенко А.С. Исследование агрегатов культуртехнического комплекса для коренного улучшения закустаренных земель. / Апатенко А.С., Владимирова Н.И.// Природообустройство.– 2013. – №5. – С. 74-77

УДК 631.614

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ НА ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ ФРАКТАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Г.Х. Бедретдинов, И.В. Цветков, А.Н. Насонов, И.М. Жогин
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

В настоящее время на не используемых сельскохозяйственных землях интенсивно развиваются деградационные процессы. На богарных землях поля зарастают древесно-кустарниковой растительностью, а на ранее мелиорированных землях помимо зарастания развиваются процессы засоления, вторичного заболачивания и образования кочек. При отсутствии эксплуатации деградационные процессы происходят практически на всех элементах мелиоративной сети и носят преимущественно площадной характер. В таких условиях возвращение деградированных земель в сельскохозяйственный оборот связано с определением объемов культуртехнических работ.

Исследованиями, проведенными в период интенсивного развития мелиорации, оценку состояния мелиорированных земель рекомендуется выполнять аэрокосмическим и географическим методами. Аэрокосмический метод позволяет более оперативно получать качественную и объективную информацию о мелиоративном состоянии большой площади осушенных земель в различных природно-мелиоративных районах. Географический метод рекомендуется применять, прежде всего, на объектах реконструкции осушительных систем. Он позволяет выполнять и оконтуривать границы площадей с избыточным увлажнением и определять глубину залегания грунтовых вод [1].

С развитием космических технологий расширились возможности аэрокосмического метода. Получение информации со спутников и повышение разрешающей способности космических снимков позволяет более оперативно и качественно проводить ситуационную оценку не только на больших площадях, но и на отдельных участках осушительной системы. Такая возможность позволяет более точно оценивать характер, вид и площади деградаций.

Основу аэрокосмического метода составляют аэрокосмические снимки, по которым создаются карты и проводится оценка состояния земной поверхности. В процессе обработки снимков особое внимание уделяется изучению дешифровочных признаков природных образований и автоматизации процессов дешифрования.

Процесс дешифрирования осуществляется поэтапно. На первом этапе выполняется классификация объектов. Процедура классификации включает выделение пространственных объектов, установление тождеств между отдельными объектами и соответствующими классами и идентификацию, в которой каждый объект на снимке приписывается с некоторой степенью вероятности к одному из определенных классов. Второй этап дешифрирования включает подсчет количества объектов на снимке. Третий этап включает определение геометрических характеристик объекта: длины, площади, объема и высоты. К этому этапу также относится измерение яркостных характеристик объекта. На заключительном четвертом этапе определяют контуры однородных по своим свойствам объектов, которые закрашиваются определенным цветом или штриховкой.

Проведенный анализ методов классификации показал, что для оценки состояния осушительных систем более целесообразно использовать методы управляемой классификации. При управляемой классификации экспериментально определенные на местности параметры ключевых участков экстраполируются на сходные по сигнатурам участки всего снимка.

В связи с тем, что характерные элементы (растительность, кочки, солонцовые пятна) подобны площади деградаций, оценку объемов культуртехнических работ предложено определять фрактальным методом по обобщенному показателю фрактальной размерности [2].

Для определения фрактальной размерности указанным методом на объект накладывается серия сеток прямоугольной формы с изменяющимся шагом от δ_{min} до δ_{max} . Максимальный размер клетки δ_{min} рекомендуется выбирать в пределах 5...10 % от общего размера объекта. Минимальный размер δ_{min} выбирается исходя из минимальных составляющих объекта. Затем производится подсчет количества ячеек сетки, в которые попадают элементы объекта. Фрактальная размерность D определяется по классическому методу Мандельброта [3], обоснована для идентификации природно-техногенных текстур объектов [2] и представлена в виде безразмерной величины с интервалом от 1 до 2.

В процессе предварительной проверки методики проанализировано более двухсот фрагментов текстур природно-техногенных объектов. Для проверки возможности использования показателя D определены размерности изображений одних и тех же объектов по снимкам, взятым из разных источников (табл. 1) и выполненным в разное время года (рис. 1).

В результате установлено, что значения показателя фрактальной размерности деградированных участков по снимкам, взятым из различных источников, изменяется в пределах от 1 до 5 %, а в зависимости от времени года - всего на 1,4 %.

Анализ серии снимков одной территории, выполненных в разных спектральных зонах (рис. 2), показывает изменение фрактальных размерностей в пределах 3...5 %. При этом максимальную информационную нагрузку обеспечивают спектры снимков с максимальной фрактальной размерностью.

Таблица 1 - Фрактальные размерности текстур участков природных объектов по снимкам из различных источников

| Вид объекта | Yandex Map | Аэрофотосъемка локатором бокового обзора | LandSat |
|----------------------------------|------------|--|---------|
| Участок леса №1 | 1,65 | 1,64 | 1,68 |
| Участок леса №2 | 1,72 | 1,71 | 1,73 |
| Участок леса №3 | 1,68 | 1,69 | 1,71 |
| Луг | 1,28 | 1,31 | 1,30 |
| Поле с мелиоративной системой №1 | 1,15 | 1,18 | 1,21 |
| Поле с мелиоративной системой №2 | 1,22 | 1,18 | 1,20 |
| Городская застройка | 1,28 | 1,27 | 1,28 |

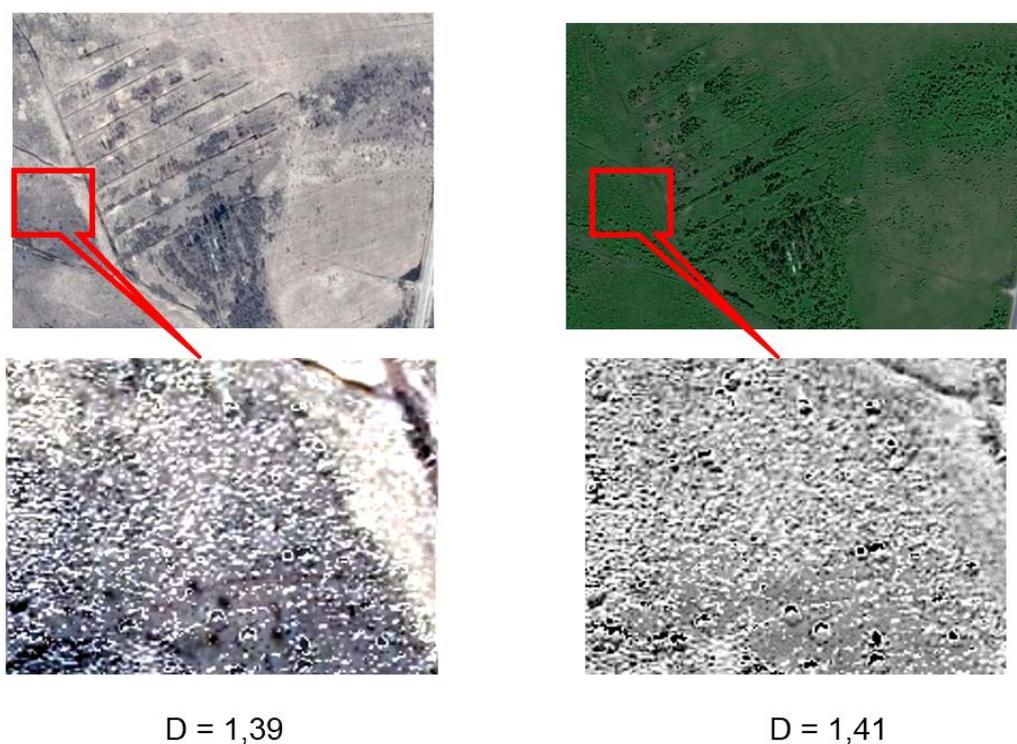


Рисунок 1 - Фрактальные размерности текстур природного объекта, полученные по снимкам в разное время года

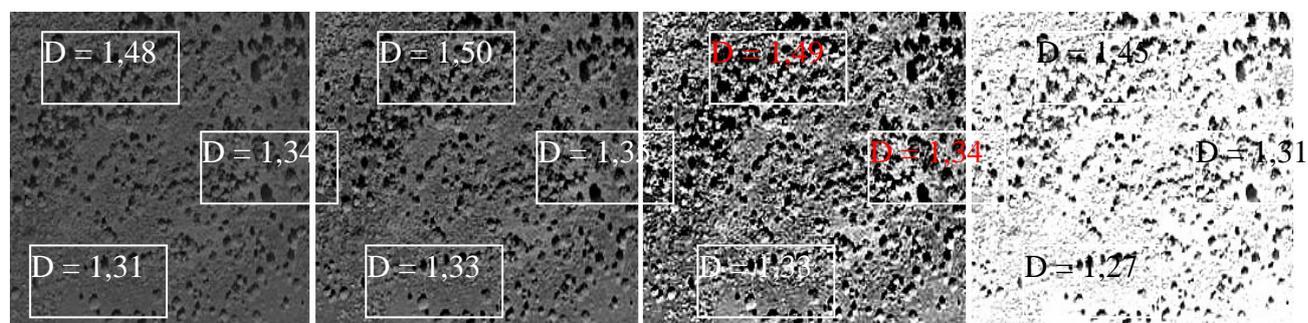


Рисунок 2 - Фрактальные размерности текстур одного участка местности в разных спектрах

Апробация методики проведена на характерном участке территории в районе с. Рамешки Тверской области. На участке расположена осушительная система и прилегающие территории с различными очагами деградаций. Фрагменты объекта (рис. 3) включают: 1 - дренажную сеть с очагами древесно-кустарниковой растительности; 2 - задерненное поле с очагами мелкого кустарника; 3 - участок кустарниковой растительности; 4 - участок с древесно-кустарниковой растительностью и элементами дренажной сети; 5 - заочкаренный участок; 6 - участок с древесно-кустарниковой растительностью; 7 - лесной массив; 8 - заочкаренный участок; 9 - задерненный участок.

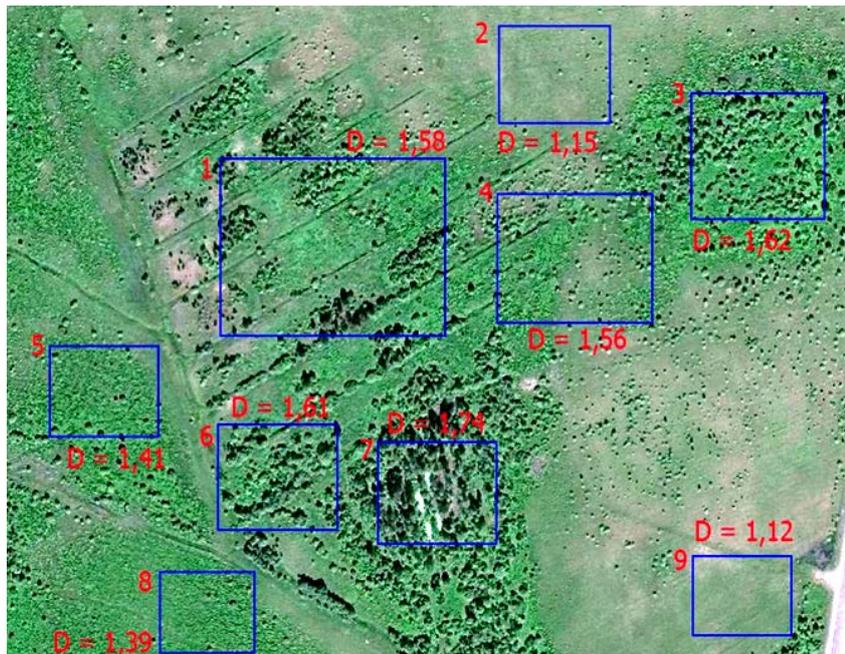


Рисунок 3 - Распределение фрактальных размерностей текстур природных объектов в районе с. Рамешки Тверской области

По аэрокосмическим снимкам, выполненным в 1994, 2008 и 2013 годах, проведены расчеты фрактальных размерностей мелиорированного участка (рис. 4), который с конца девяностых годов не эксплуатируется. В результате установлен рост показателя фрактальной размерности по годам (рис. 4). Рост фрактальных размерностей свидетельствует об интенсивном процессе деградации земель на участке. В настоящее время участок подвергается вторичному заболачиванию и зарастанию древесно-кустарниковой растительностью.



1994 г. $D = 1,12$

2008 г. $D = 1,31$

2013 г. $D = 1,43$

Рисунок 4 - Динамика фрактальной размерности природного объекта во времени

Результаты анализа характерных участков показывают, что каждому характерному очагу деградации соответствует определенная фрактальная размерность текстуры его изображения на аэрокосмических снимках.

В результате апробации методики установлены интервалы фрактальных размерностей сельскохозяйственных полей и различных очагов деградаций (табл. 2).

Таблица 2 - Интервалы фрактальных размерностей лугов и характерных деградаций

| №№ п.п. | Луговые поля и виды деградаций | Интервалы фрактальной размерности |
|---------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1. | Сельскохозяйственные поля | 1,12...1,15 |
| 2. | Вымочки | 1,29...1,34 |
| 3. | Закочкаренные поля | 1,39...1,51 |
| 4. | Очаговый кустарник | 1,58 |
| 5. | Сплошной кустарник и мелколесье | 1,62...1,74 |
| 6. | Лесной массив | 1,78...1,80 |

Таким образом, фрактальная размерность является достаточно объективным индикатором оценки степени деградации мелиорированных земель. В процессе исследований установлено, что фрактальные характеристики текстур, включающих мелиоративные системы, могут использоваться для идентификации объектов, мониторинга их состояния и оценки степени деградации земель. Полученные интервалы фрактальных размерностей укладываются в стройный ряд с возрастанием их значений в зависимости от степени деградации сельскохозяйственных площадей.

Разработанная методика классификации текстур изображений позволяет более точно распознавать и оценивать степень деградации мелиорированных земель в процессе дешифрирования аэрокосмических снимков, определять объемы работ культуртехнических работ, обосновывать оптимальные технические и технологические решения для ликвидации деградаций и обеспечить оперативное возвращение земель в сельскохозяйственный оборот.

Список использованных источников

1. Рекомендации по оценке мелиоративного состояния осушенных земель и разработке мероприятий по их улучшению. СевНИИГиМ. Ленинград. 1985, 61 с.
2. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы / Б. Мандельброт. – М.: Ин-т компьютерных исслед., 2002. – 856 с.
3. Тищенко А.П., Цветков И.В. Фрактальная размерность текстур природных объектов и их идентификация методами фрактального анализа. Моделирование сложных систем. Выпуск 1. Тверь 1998. С. 156- 161

УДК 622.235; 626

ВЗРЫВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕЛИОРАТИВНОМ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А.А. Добрынин, И.А. Добрынин
ООО «ПироВзрыв», г. Москва, Россия

После промышленного внедрения в мелиорации (1988...1991 гг.) укладчика УШЗ-2 (табл. 1), предназначенного для укладки на заданную глубину шланговых зарядов диаметром 90 мм из аммонита № 6ЖВ в полиэтиленовой оболочке (табл. 2)

[1, 2], практически никаких новых взрывных технологий в мелиоративном и водохозяйственном строительстве предложено и внедрено не было. Вместе с тем техника и технологии взрывных работ в смежных областях, а именно в горном деле и промышленном строительстве, продолжали развиваться. И ряд новых технологических решений вполне может быть использован на объектах мелиорации.

Таблица 1 - Основные параметры УШЗ-2 по ТУ-33

| Наименование показателя | Норма |
|---|------------------------------------|
| Базовая машина | дреноукладчик бес-траншейный МД-12 |
| Габаритные размеры (мм) в рабочем положении: | |
| длина | 14500±150 |
| ширина | 3200±100 |
| высота | 2600±100 |
| в транспортном положении длина | 14240±150 |
| ширина | 3200±100 |
| высота | 5480±100 |
| Техническая производительность, м/ч, не более | 1000 |
| Длина шлангового заряда на катушке, м, не менее | 75 |
| Наибольшая глубина укладки шлангового заряда в грунт, м | 1,7 |
| Масса укладчика с катушкой, кг | 2200±50 |
| Масса укладчика без катушки, кг | 1000±30 |
| Количество обслуживающего персонала, чел. | 2 |

Таблица 2 - Основные параметры и характеристики заряда по ТУ75 118 09.64-88

| Наименование показателя | Норма |
|--|--|
| Внешний вид | полиэтиленовый рукав, заделанный с торцов, наполненный сыпучим ВВ без нарушения целостности оболочки, сварного шва и сплошности массы ВВ по объёму |
| Диаметр заряда, мм | 90±2 |
| Длина заряда, м | 100-102 |
| Масса заряда, кг | 640+40 -30 |
| Масса 1 погонного метра заряда, кг | 6,40+0,40 -0,30 |
| Плотность ВВ в заряде, г/см ³ | 0,90-1,00 |
| Передача детонации между зарядами после выдержки в воде на глубине 1 м в течение 1 ч | полная детонация обоих зарядов |

К области возможного применения взрывных технологий в мелиоративном строительстве можно отнести: строительство протяжённых, в т. ч. профильных выемок в скальных, талых и мёрзлых грунтах путём предварительного рыхления грунтов или методом взрыва на выброс; дноуглубительные и другие подводные работы; очистка каналов от наносов; дробление валунов, камней; корчевка пней;

взрывные работы при строительстве и реконструкции гидротехнических сооружений; планировка площадок, строительство водопроводящих тоннелей, строительство взрывонабросных плотин, локализация торфяных пожаров на объектах мелиоративного строительства, резка на транспортабельные фрагменты утилизируемой крупногабаритной техники.

Несмотря на некоторые очевидные преимущества взрывных технологий, в т. ч. высокую производительность работ, возможность разрушения скальных пород и различных материалов (железобетон, сталь, чугун) практически любой крепости, данные технологии не лишены недостатков. В частности вызывает трудности необходимость транспортирования взрывчатых материалов (ВМ), в т. ч. через населённые пункты, обеспечение их сохранности на складах ВМ и вблизи объектов производства работ, для чего требуется специальное оборудование, техника, специальный автотранспорт, постоянная вооружённая охрана и пр. Кроме того, обращение с ВМ на объектах взрывных работ, предполагает соблюдение условий безопасности, что усложняет не только организацию взрывных работ и сказывается на себестоимости работ, но и требует создания специального оборудования, конструкция которого, а также материалы, контактирующие с ВМ должны исключить опасные механическое, тепловое и электростатическое воздействие. Не стоит забывать о существующей террористической угрозе, тем более что объекты мелиоративного и водохозяйственного строительства могут быть разбросаны на значительной территории. В таких условиях организовать и осуществить охрану ВМ не просто и дорого.

Существенные трудности вызывает транспортировка ВМ к месту производства работ. Экспериментальные данные показывают, что даже в наиболее безопасных, на сегодняшний день, эмульсионных взрывчатых веществах, реакция возникает при скорости пули более 500 м/с, в водных гелях реакция появляется при скорости пули 300...350 м/с, а в динамите – при скорости пули менее 100 м/с [3]. К сведению - начальная скорость пули современного стрелкового оружия находится в диапазоне 700...1000 м/с. Результаты испытаний на чувствительность к прострелу пуль калибра 7,62 мм показали, что практически все порошкообразные промышленные взрывчатые вещества (ВВ), к которым относится и наиболее распространённое ВВ, используемое на большинстве специальных взрывных работ (аммонит № 6ЖВ), взрываются при массе всего 1...2 кг, а промышленные ВВ в виде гранул и чешуек (тротил и граммонит 79/21) в мешках массой около 40 кг [4]. Следует отметить, что взрыв автомобиля, перевозящего ВМ, может вызвать разброс опасных для людей металлических осколков и других фрагментов в радиусе до 1,5 км [5]. Поэтому не случайно, что в последнее время на взрывных работах всё более широкое применение получают технологии, при которых ВВ изготавливается из невзрывчатых компонентов, непосредственно на объектах производства взрывных работ.

Преимущество новых технологий, заключается в том, что на объекты завозятся отдельные не взрывчатые компоненты, которые могут храниться на складе с огороженной территорией и без вооружённой охраны. Такие технологии могут оказаться перспективными в мелиоративном и водохозяйственном строительстве.

Смесевые ВВ изготавливают из твёрдых и/или жидких компонентов, при этом, если в 1970-1975 гг. (в период СССР), ВВ производились только на химических заводах, то уже в 2010 году в России, доля ВВ изготавливаемых вблизи мест производства взрывных работ достигла 85 % [7].

Сегодня в практике взрывных работ, особенно в горном деле, наиболее распространёнными ВВ, изготавливаемыми из невзрывчатых компонентов, являются гранулиты и эмульсионные ВВ. Для изготовления и заряжания указанных видов ВВ требуются современные модульные заводы, специальное оборудование, смесительно-зарядные машины, что не всегда удобно, особенно когда нет гарантированных достаточно больших объёмов работ и когда небольшие объекты находятся (разбросаны) далеко друг от друга, как это нередко встречается в мелиоративном строительстве.

В отличие от гранулитов и эмульсионных ВВ, известен вид смесевых жидких взрывчатых веществ (ЖВВ), которые, в достаточных количествах можно изготавливать практически в любом месте без сложного оборудования, т.к. компоненты таких ЖВВ способны самопроизвольно смешиваться между собой в нормальных условиях образуя растворы, обладающие взрывчатыми свойствами. К таким ЖВВ относятся: взрывчатые смеси на основе азотной кислоты, тетраоксида диазота (ТД), жидких нитропарафинов, гидрата гидразина и пероксида водорода. Все эти виды ВВ, в разных рецептурах, были опробованы в экспериментальных работах, а некоторые из них даже применялись в промышленности, однако в советской и позднее в российской практике взрывных работ применение нашли только ЖВВ на основе тетраоксида диазота (N_2O_4), который является сильным окислителем вследствие высокого содержания свободного активного кислорода, доля которого в его молекуле составляет 69,6%, при этом в качестве горючего компонента в составе ЖВВ обычно используются широко распространённые жидкие нефтепродукты [7-9]. Как правило, мощность жидких взрывчатых растворов, как и жидких индивидуальных ВВ, по характеристике их относительной метательной способности зарядов выше, чем у зарядов из кристаллических ВВ при одинаковых произведениях плотности зарядов на скорость их детонации [10].

Главным преимуществом жидких смесевых ВВ на основе ТД является идеальное смешение (растворение) их компонентов на уровне молекул, которое может быть достигнуто только в истинных растворах («ангстремтехнологии»). Вследствие этого, а также благодаря большой плотности ЖВВ обладают высокими энергетическими характеристиками и небольшим критическим диаметром (первые мм). Данные ЖВВ заметно превосходят тринитрофенол, тринитротолуол и тринитробензол, находясь на одном уровне с такими мощными ВВ как нитроглицерин, гексоген, октоген и пентаэритриттетранитрат.

Кроме того, для инициирования ЖВВ на основе ТД не нужны капсули-детонаторы, электродетонаторы и другие опасные в обращении средства взрывания. Вместо них можно использовать безопасные устройства, которые обеспечивают детонацию ЖВВ за счёт импульса электрического тока [9]. Принципиальная конструкция «Безопасного устройства для электрического инициирования жидких взрывчатых веществ» представлена в патенте Российской Федерации на изобретение № 2471144.

Серьёзным недостатком, который в значительной степени тормозит широкое внедрение ЖВВ на основе ТД, является то, что он токсичен и находится в жидком состоянии в сравнительно узком диапазоне температур (плавится при температуре минус 10,2° С, кипит при плюс 21° С при нормальном давлении). В настоящее время, ведутся исследовательские работы по расширению температурного диапазона ЖВВ на основе ТД. Несмотря на это, для сравнительно небольших объёмов (до нескольких сотен кг ЖВВ в смену), безопасная технология изготовления и применения ЖВВ, в основном, уже отработана. Вместе с тем не следует забывать, что ТД

является ядовитым и агрессивным химическим соединением, обладает раздражающим и обжигающим действием, относится к I классу токсичности и к III классу опасности, поэтому все работы с ЖВВ на основе ТД следует выполнять подготовленным специалистам, использующим индивидуальное защитное оборудование.

В СССР исследованием ЖВВ, в основном, занимались специалисты института «ЦНИИподземмаш», которые при проведении экспериментов с N_2O_4 – керосин в тонких слоях (1...4 мм), т.е. близких к критическим, получили высокую скорость детонации 6,3...6,95 км/с [8]. Для сравнения скорость детонации аммонита № 6ЖВ по ГОСТ 21984-76, который был использован в шланговых зарядах, укладываемых в грунт с помощью упомянутой выше машиной УШЗ-2, составляет всего 3,6-4,8 км/с.

Благодаря своим диэлектрическим свойствам, чистый (безводный) ТД характеризуется незначительной коррозионной активностью к металлам и сплавам. Однако попадание воды даже в небольших количествах приводит к увеличению скорости коррозии стали вследствие образования кислотной среды. В этих условиях наиболее эффективно использование алюминиевых сплавов, т.к. скорость их коррозии не зависит от содержания технологических примесей и составляет величину менее $1 \cdot 10^{-4}$ мм/год.

ТД не чувствителен к воздействию внешних импульсов; не электропроводен; плотность и вязкость уменьшаются с повышением температуры, температурный коэффициент объёмного расширения сравнительно велик и равен $0,0014 \text{ град}^{-1}$.

ТД может переохладиться на $10-15^\circ \text{C}$ ниже температуры замерзания, оставаясь в жидком состоянии. В момент наступления кристаллизации выделяется тепло, и продукт принимает температуру минус $11,3^\circ \text{C}$. В больших ёмкостях затвердевает небольшой пристенный слой толщиной 10-15 см, который создаёт хорошую естественную теплоизоляцию продукта от окружающей холодной среды, при этом основная масса ТД остаётся жидкой с температурой около минус 11°C .

При конструировании технологического оборудования следует учитывать, что при кристаллизации объём продукта уменьшается на 14-18 %, что создаёт некоторое разряжение в замкнутом пространстве и может вызвать смятие непрочных ёмкостей.

Технология, предусматривающая изготовление удлинённого шлангового заряда ЖВВ из невзрывчатых компонентов, в т. ч. на основе ТД, на месте производства взрывных работ может быть реализована на основе идеи сформулированной, почти 30 лет назад, в авторском свидетельстве № 1491110 «Способ разработки грунтов». Основная суть предложенного в изобретении способа состоит в том, что в грунте размещается не готовый заряд ВВ, а только его оболочка, в которой затем, сразу или через заданное время, после уплотнения разрыхленного грунта (забойки), формируется удлинённый заряд, причём зарядание оболочки может производиться с одного или с двух концов одновременно. Эта технология гораздо безопаснее, чем обращение с готовыми шланговыми зарядами ВВ, в т. ч. при укладке их в грунт механизированным способом.

Представленная в изобретении идея может быть реализована следующими способами:

В одном случае оболочку с помощью дренауладчика с пассивным или активным рабочим органом помещают в грунте на заданной глубине, а затем в неё заливают последовательно горючее и окислитель. В случае использования в качестве горючего жидкого нефтепродукта, а в качестве окислителя – ТД они смешиваются и самопроизвольно растворяются друг в друге. Время смешения можно установить опытным путём для конкретных условий.

Для получения наилучшего качества смешения компонентов ЖВВ, раствор готовится на объекте, вблизи уложенной оболочки, в смесительной ёмкости, после чего заливается в оболочку, уложенную в грунте. Технология изготовления ЖВВ на основе ТД в смесительной ёмкости уже отработана при производстве взрывных работ в предыдущие 25 лет на различных по сложности объектах реконструкции и строительства. Применение данного способа осуществлялось при разрушении железобетонных фундаментов, высотных сооружений, металлических конструкций, дроблении скальных горных пород при строительстве профильных выемок и др. Работы проводились на промышленных объектах в 13-ти областях Российской Федерации, Дагестане, Чечне, Северной и Южной Осетии, а также при ликвидации последствий землетрясения в Армении.

Отдельные заряженные секции сформированного в грунте удлинённого заряда ЖВВ могут быть инициированы как отдельно, так и вместе, т.е. длина одновременно взрываемого заряда ограничивается только условиями безопасности в районе производства взрывных работ в соответствии с требованиями [6].

В случае достаточных объёмов работ при строительстве каналов в мелиорации, т.е. при обеспечении нужной рентабельности, не исключается вариант использования готовых шланговых зарядов ВВ, в т. ч. доставляемых с химических заводов, аналогично тому, как это было в технологии с шланговыми зарядами ВВ по ТУ 75 118 09.64-88 [1, 2]. В этом случае возможны варианты как механизированной укладки шлангового заряда ВВ в грунт, так и варианты размещения заряда в оболочку (трубу), заранее размещённую в грунте. В последнем случае можно заранее укладывать перфорированные оболочки для того, чтобы к моменту заряжания в них успела накопиться вода, или неперфорированные оболочки, в которые перед заряжением необходимо залить воду. Это позволит избежать таких негативных явлений как трение и накопление электростатических зарядов, которые могут иметь место в случае протаскивания шланговых зарядов ВВ внутри оболочек, не заполненных водой.

Выводы

1. В течение последних 25 лет никаких новых взрывных технологий в мелиоративном и водохозяйственном строительстве внедрено не было, не смотря на то, что в смежных областях, например, в горном деле и строительстве взрывные технологии продолжали развиваться.

2. Некоторые варианты безопасных технологических решений в области использования энергии взрыва, апробированные в других отраслях промышленности, могут быть реализованы на объектах мелиоративного и водохозяйственного строительства, например, использование удлинённых зарядов жидких взрывчатых веществ на основе тетраоксида диазота, изготавливаемых в местах производства работ, в технологии строительства протяжённых профильных выемок.

3. Выбор того или иного варианта взрывной технологии, из предложенных в настоящей работе, зависит от их рентабельности в каждой конкретной ситуации.

Список использованных источников

1 Кизяев Б.М., Добрынин А.А., Марков П.П., Сурошников В.М. Испытания шланговых зарядов при строительстве каналов. Горный журнал 1991, № 8, с. 37-38.

2 Добрынин А.А. Технология строительства осушительных каналов глубиной до 2,5 м с применением шланговых зарядов. Диссертация на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., 1992. – 228 с.

3. Ван Сюйгуан, Эмульсионные взрывчатые вещества. Перевод с китайского. Красноярск, 2012 г., - 380 с.

4. Колганов Е.В., Соснин В.А. Промышленные взрывчатые вещества. - Дзержинск: ГосНИИ «Кристалл», 2010. – Кн. 2. – С. 355-340.

5. Единые правила безопасности при взрывных работах. – М.: Недра, 1972. – 320 с.
6. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при взрывных работах». Утверждены приказом Ростехнадзором от 16.12.2013 г. № 605. Зарегистрированы Минюстом России 01.04.2014 г. Регистр. № 31796.
7. Добрынин А.А. Взрывчатые вещества. Химия. Составы. Безопасность. — М.: ИД Академии им. Н.Е. Жуковского, 2014. — 528 с.
8. Бендерский Л.Ф., Аджемян В.Я., Пономарёв В.А. Исследование параметров детонации жидких взрывчатых смесей, применяемых во взрывогенераторных установках. В сб. трудов Механизация горнопроходческих работ, выпуск 12, М.: ЦНИИПОДЗЕМАШ, 1976, с. 104-111.
9. 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.
10. Ерёмченко Л.Т., Нестеренко Д.А., Струков Г.В., Гаранин В.А. О связи между относительным импульсом взрыва и химическим составом взрывчатого вещества // Химическая физика процессов горения и взрыва. Детонация. Сб. статей. Черногловка: ОИХФ АН СССР. 1977. с. 76.

УДК 631.31: 631.51: 631.587: 631.67: 62-51

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЕ ПЛАНИРОВЩИКИ С НОВОЙ АППАРАТУРОЙ ДЛЯ СЪЕМКИ И ПЛАНИРОВКИ РИСОВЫХ ЧЕКОВ

А.Н. Ефремов

ОАО «Инженерный центр «Луч», г. Москва, Россия

В настоящее время широко применяется в различных хозяйствах Краснодарского края капитальная планировка рисовых чеков, включающая исходную вертикальную съемку поверхности чека, составление проекта планировки чека, собственно планировку и контрольную съемку. В состав оборудования капитальной планировки входят [1]:

- лазерный передатчик Rugby-810, служащий для формирования над поверхностью чека лазерной горизонтальной опорной плоскости путем кругового вращения лазерного луча;
- автонивелир АН-3, монтируемый на транспортном средстве (тракторе, шасси, автомобиле) и предназначенный для съемки поверхности чека относительно лазерной плоскости;
- стационарный компьютер с программным обеспечением ПО ЧЕК для проектирования планировки по данным исходной съемки и оценки точности спланированной поверхности чека по данным контрольной съемки;
- землеройно-планировочная машина для производства планировочных работ (короткобазовые планировщики ПАУ-4,2Р, ПАУ-4,2РЦ, ПАУ-3,6Р, скрепер-планировщик СП-4,2 и др.);
- лазерно-приемное устройство ОКО-30 и гидроблок ГБ-УК, устанавливаемые на землеройно-планировочной машине и предназначенные для автоматического управления высотным положением ее рабочего органа относительно лазерной плоскости.

Общий вид планировщика ПАУ-4,2Р с комплектом аппаратуры представлен на рисунке 1.

На короткобазовых планировщиках ПАУ-4,2Р и ПАУ-3,6Р глубина копания регулируется одним цилиндром, шток которого шарнирно крепится к кронштейну посередине балки заднего моста. При модернизации этой конструкции усилены балка и ее узел крепления штока гидроцилиндра. Разработана также новая конструкция планировщика ПАУ-4,2РЦ с двумя гидроцилиндрами, которые шарнирно

устанавливают на консолях заднего моста и боковых стойках ковша, что позволяет равномерно распределить усилия на балке (рис. 2).



Рисунок 1 – Планировщик ПАУ-4,2Р с приемником устройства ОКО-30, лазерный передатчик Rugby-810 на металлическом посту, приемник автонивелира АН-3 на тракторе Terrion Atm 5280



Рисунок 2 - Планировщик ПАУ-4,2РЦ

Для повышения износостойкости ножей на короткобазовом скрепер-планировщике СП-4,2 изменен наклон режущей кромки ковша под углом 45 градусов. Передние части боковых стенок ковша выполнены сборно-разборными, что дает возможность компактно транспортировать машину в различных грузовых автомобилях. Технические характеристики короткобазовых планировщиков и скрепера-планировщика приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики короткобазовых планировщиков и скрепера-планировщика

| № п/п | Наименование характеристик | Модель машины | | | |
|-------|---|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------|
| | | ПАУ-4,2Р | ПАУ-4,2РЦ | ПАУ-3,6Р | СП-4,2 |
| 1 | Базовый трактор | К-701 | К-701 | Т-150 | К-701 |
| 2 | Длина базы, м: - в транспортном положении - в рабочем положении | 6,25 6,05 | | | 6,9 7,3 |
| 3 | Вместимость ковша, м ³ | до 3,5 | до 3 | | до 7 |
| 4 | Ширина захвата, м | 4,2 | 3,6 | | 4,2 |
| 5 | Толщина срезки, см | до 10 | | | до 15 |
| 6 | Скорости, км/час: - рабочие - транспортные скорости: - по грунтовым дорогам - по асфальту | 4 - 7 до 15 до 35 | | | |
| 7 | Масса, кг | 3500 | 3900 | 3200 | 6100 |
| 8 | Клиренс, см | 62 | | | 69 |
| 9 | Габариты, см: - в рабочем положении - в транспортном положении | 675x440x195 650x440x240 | 675x380x195 650x380x240 | 780x 440x320 740x440x180 | |
| 10 | Точность планировки с лазерным управлением, см | ±2 - 3 | | | |

Для быстрого поиска приемником устройства ОКО-30 лазерного луча и плавной регулировки его высотного положения сверху подвижного штока мачты закрепляется актуатор АК-1 (электроцилиндр), перемещение штока которого управляется переключателем из кабины трактора. Это дает возможность исключить выход машиниста из трактора и экономить время настройки устройства (рис. 3). Технические характеристики актуатора АК-1 приведены в таблице 2.

Все пульта управления перечисленной аппаратуры (устройства ОКО-30, автонивелира АН-3, навигатора КН-1 и актуатора АК-1) совмещены в кабине трактора (рис. 4), что дает возможность машинисту управлять различными приборами из кабины. При размещении взамен стационарного компьютера мобильного ноутбука с программным обеспечением ПО ЧЕК в кабине трактора возникает возможность составлять машинисту проект планировки по данным исходной съемки и определять точность спланированной поверхности чека по данным контрольной съемки непосредственно в полевых условиях, не прерывая общего технологического процесса: исходная съемка – проектирование – планировка - контрольная съемка.

В начале работ на металлическом посту или на высоком штативе устанавливают лазерный передатчик, необходимый для работы автонивелира АН-3 и лазерно-приемного устройства ОКО-30. Съемка поверхности чека осуществляется планировщиком с автонивелиром и курсовым навигатором КН-1. Затем в кабине трактора на ноутбуке с ПО ЧЕК составляется проект планировки, включающий картограмму и схему возки грунта.

Таблица 2 - Технические характеристики актуатора АК-1

| № п/п | Наименование характеристик | Значение |
|-------|---|-----------------|
| 1 | Тип актуатора | LAM 1-S0 |
| 2 | Диапазон перемещения, мм | 400 |
| 3 | Усилие на штоке, кг: -толкание -втягивание | 300 200 |
| 4 | Скорость движения штока, мм/сек (напряжение 24В) | 6,2-8,2 |
| 5 | Напряжение питания, В | 12/24 |
| 6 | Номинальный ток, А (напряжение 24 В) | 2,4 |
| 7 | Масса, кг | 4 |
| 8 | Температура окружающей среды, °С | - 25 + 65 |
| 9 | Максимальная относительная Влажность, % | 98 при 25°С |
| 10 | Тип переключателя | 3-х позиционный |



Рисунок 3 - Установка актуатора АК-1, сверху-вниз: приемник, актуатор с выдвижным штоком, телескопическая мачта с механическим зажимом

Далее на поверхности чека по картограмме, изображенной на экране ноутбука, находят место расположения проектной отметки, куда опускают рабочий орган планировщика. С помощью актуатора АК-1 по показаниям пульта управления устройства ОКО-30 производят поиск и установку центра приемника на лазерную плоскость. После этого планировщиком в автоматическом режиме работы устройства ОКО-30 и гидроблока ГБ-УК осуществляется планировка чека. Направления движения машины определяют по схеме возки грунта на экране ноутбука. По окончанию планировки проводят контрольную съемку автонивелиром АН-3 с курсовым навигатором КН-1 и оценку точности работ по картограмме на экране ноут-

бука. При обнаружении на ней недопустимых отклонений от проектной плоскости чека их устраняют этим же планировщиком с лазерным управлением.



Рисунок 4 – Совмещение в кабине трактора пультов управления, слева направо: автонивелера АН-3, лазерно-приемного устройства ОКО-30, курсового навигатора КН-1 и актуатора АК-1

Все работы на чеке ведутся без перестановки лазерного передатчика. Размещение различной аппаратуры и ноутбука в кабине трактора обеспечивает быстрый переход от съемки, составления картограмм к планировке и обратно и позволяет обходиться без дополнительных монтажных работ. Все это экономит время проведения всего комплекса работ и повышает производительность машины.

Модернизированные планировщики и новая аппаратура прошли полевые испытания и успешно эксплуатируются в различных хозяйствах Краснодарского края.

Список использованных источников

1. Ефремов А.Н. Планировка земель с применением лазерных систем. М.: ООО «Литера-Принт», 2014-с.130.

УДК: 631.311.5

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА НАЛИПАНИЯ ГРУНТА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ КОПАНИЮ ОТВАЛА БУЛЬДОЗЕРА

И.В. Ильин

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

С развитием промышленности, строительства, сельского хозяйства, с широким внедрением природоохранных технологий возрастают требования к рабочим машинам и оборудованию, в том числе к отвальным рабочим органам. С увеличением мощности силового оборудования не только увеличиваются геометрические размеры рабочих органов, но и продолжают вестись поиски оптимальной конструкции отвала. В последние годы отвальные рабочие органы находят широкое применение с внедрением природоохранных технологий и работ по ликвидации последствий техногенных катастроф.

В процессе земляных работ возникает явление налипания грунта на рабочую поверхность отвала, так как практически все грунты в большей или меньшей сте-

пени обладают липкостью. Липкость – способность почвы прилипать к соприкасающимся с ней предметами: рабочим частям и колесам почвообрабатывающих орудий и машин. Проявляется она тогда, когда сцепление между почвенными частицами меньше, чем между почвой и соприкасающимися с ней предметами. Прилипание почвы к рабочим частям сельскохозяйственных орудий вызывает дополнительное сопротивление, поэтому работа протекает с большей затратой энергии. При заглублении рабочего органа в грунт происходит деформация почвы. Перед режущей гранью рабочего органа образуется уплотненное ядро. В тот момент, когда в зоне передней кромки силы давления уравниваются силами сопротивления сдвигу, начинается сдвиг и отрыв слоя грунта – процесс отделения стружки от массива. Затем вновь начинается процесс уплотнения грунта и образования нового ядра, процесс повторяется. Срезанный грунт перемещается по поверхности режущей кромки, сдвигаясь вперед. Размеры призмы волочения зависят от вида и физико-механических свойств грунта, а также геометрических параметров рабочего органа. [1]. Бульдозерный отвал рассматривается как плоский нож, вырезающий грунт из массива в виде стружки, которая, изгибаясь, перемещается вверх по отвалу, проходя через призму волочения. Баловневым В.И. было доказано, что процесс скалывания стружки и движения ее по отвалу менее энергозатратно, чем смятие грунта и толкание призмы. Давление со стороны призмы волочения представлено действием на стружку грунта нормальных сил, распределенных по поверхностям трения. Суммарное действие сил трения и собственного веса стружки грунта характеризует сопротивление движению стружки вверх и зависит от силы трения грунта по металлу и трения грунта по грунту, а также собственного веса стружки [2].

Процесс разработки грунта отвальным рабочим органом наиболее полно описан эмпирическими зависимостями Зеленина А.Н. (рис. 1). В них наиболее полно отражено влияние на усилие сопротивления грунта копания параметров отвала и физико-механических свойств грунта [3].

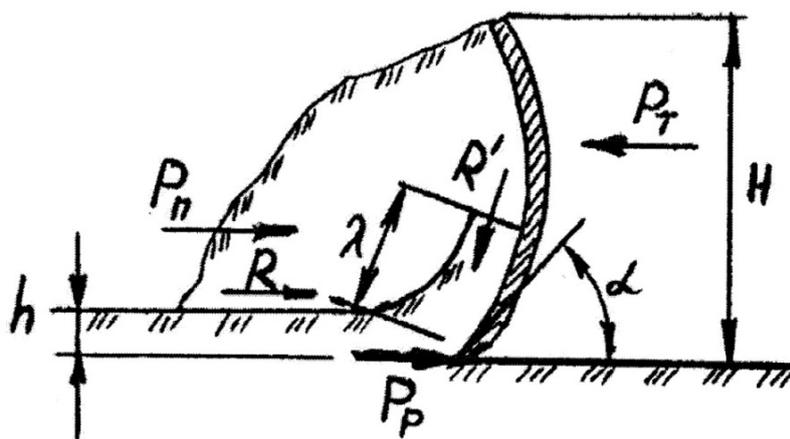


Рисунок 1 - Схема копания грунта по Зеленину А.Н.

Горизонтальная составляющая сопротивления копания грунта бульдозерным отвалом определяется из выражения:

$$P_T = P_p + R + P_{II},$$

где: P_p - сопротивление грунта резанию, кН;

R – сопротивление заполнению отвала грунтом в конце набора призмы волочения, кН;

P_{II} - сопротивление перемещению призмы волочения грунта перед отвалом, кН.

Сопротивление заполнению отвала грунтом в конце набора призмы волочения:

$$R = R_1 + R_2 ,$$

R_1 - сопротивление сжатию стружки в конце набора призмы волочения перед отвалом:

$$R_1 = K * K_{сж} * L_1 * h * \cos \delta_c,$$

где: K - пригрузочный коэффициент, зависящий от высоты бульдозера, H ; ($K=1$ при $H \leq 0,4$ м, $K=1,5$ при $H = 0,4 \dots 1$ м, $K=2$ при $H \geq 1$ м);

$K_{сж}$ - удельное сопротивление вдавливанию стружки, кН/см²;

L - длина отвала, см;

δ_c - угол наклона стружки к горизонту, град; $\delta_c = \alpha + (5 \dots 100)$;

R_2 - сопротивление трению стружки грунта по грунту призмы волочения и по металлу бульдозерного отвала, кН:

$$R_2 = 2 * H * L_1 * \lambda * \gamma * \cos \delta_c * \tan 0,5(\rho + \delta),$$

где: H - высота отвала, м; L_1 - длина отвала, м; λ - длина стружки, $\lambda = 0,25 - 0,35$ м; γ - объемная масса грунта, кг/м³; ρ - угол трения грунта по грунту, град; δ - угол трения грунта по металлу, град.

Однако, в описании трения отделяемой от массива стружки по грунту призмы и по металлу отвала Зелениным не было учтено явление налипания грунта на отвал. В действительности будет наблюдаться трение грунта о металл отвала и трение грунта о налипший грунт, с одной стороны, и трение грунта стружки по грунту призмы с другой стороны. Трение грунта о грунт больше, чем трение грунта о металл. В этой связи возникают дополнительные сопротивления. Для уточнения формулы Зеленина был проведен эксперимент с моделью бульдозерного отвала - рисунок 2 [4].

Перед экспериментом были по методикам Баловнева определены линейные размеры исследуемой модели. В процессе эксперимента изменялся угол резания отвала (50° и 60°), заглубление отвала (0,25 м и 0,4 м), а также состав грунта (супесь 3 удара плотномера ДорНИИ и суглинок 9 ударов). В процессе разработки производились замеры тягового усилия, результаты выводились на компьютер [5].

Обработка результатов проводилась методами математической статистики при помощи программы MathCad. Результаты отличаются от полученных в теоретических исследованиях на 5-10 %. Получено уравнение регрессии. Оно подтвердило гипотезу Зеленина, что глубина разработки и плотность грунта оказывают значительное влияние на сопротивление грунта копанию, влияние угла резания грунта значительно слабее.

$$R(H, \alpha, C) = 13,251 + 3,701H + 0,908\alpha + 3,578C$$



Рисунок 2 - Процесс копания грунта бульдозерным отвалом на экспериментальной установке

В процессе эксперимента была исследована площадь налипания. Подтвердилась зависимость величины площади налипания от угла резания, глубины разработки грунта и его плотности. С увеличением глубины разработки увеличивается толщина стружки, следовательно, давление частиц грунта на поверхность отвала. С увеличением плотности грунта давление его частиц на поверхность отвала также увеличится. С увеличением угла резания возрастает нормальная составляющая сопротивления грунта копанию, в результате давление частиц грунта на поверхность отвала также увеличится (табл. 1).

Таблица 1 - Результаты испытания бульдозерного оборудования

| Параметры рабочего органа и грунта | Усилие сопротивления копанию Y , кН | Дисперсия S_i^2 |
|---|---------------------------------------|-------------------|
| $H=25\text{мм}$, $\alpha=50^\circ$, $C=3$ | 7,17 | 0,261 |
| $H=40\text{мм}$, $\alpha=50^\circ$, $C=3$ | 10,585 | 1,002 |
| $H=25\text{мм}$, $\alpha=60^\circ$, $C=3$ | 7,065 | 0,927 |
| $H=40\text{мм}$, $\alpha=60^\circ$, $C=3$ | 10,462 | 0,452 |
| $H=25\text{мм}$, $\alpha=50^\circ$, $C=9$ | 10,103 | 2,778 |
| $H=40\text{мм}$, $\alpha=50^\circ$, $C=9$ | 15,05 | 1,76 |
| $H=25\text{мм}$, $\alpha=60^\circ$, $C=9$ | 14,086 | 1,657 |
| $H=40\text{мм}$, $\alpha=60^\circ$, $C=9$ | 16,389 | 1,798 |

Для установления количественных зависимостей произведены замеры массы налипшего грунта и определен его фракционный состав. Исследованный грунт был предварительно высушен. Фракционный состав налипшего грунта сравнивался с грунтом, находящимся в лотке (табл. 2).

Результаты исследования представлены на диаграмме (рис. 3). Как видно, налипают на отвал, в основном, глинистые и пылеватые частиц диаметром менее 0,1мм. Это объясняется диффузией мелких частиц с микронеровностями металлической поверхности.

Анализ фракционного состава показал, что значительно активнее налипание идет в пылеватых и глинистых фракциях. Это объясняется тем, что мелкие частицы сосредотачиваются в микронеровностях металлической поверхности, а также тем, что силы сцепления у частиц малого диаметра оказывают на них значительное влияние.

Таблица 2 - Масса грунта, налипшего на бульдозерный отвал

| Параметры рабочего органа и грунта | Масса налипшего грунта, г |
|------------------------------------|---------------------------|
| H=25мм, α=50°, C=3 | 1,15 |
| H=40мм, α=50°, C=3 | 1,46 |
| H=25мм, α=60°, C=3 | 1,23 |
| H=40мм, α=60°, C=3 | 1,68 |
| H=25мм, α=50°, C=9 | 1,26 |
| H=40мм, α=50°, C=9 | 1,52 |
| H=25мм, α=60°, C=9 | 1,34 |
| H=40мм, α=60°, C=9 | 1,72 |

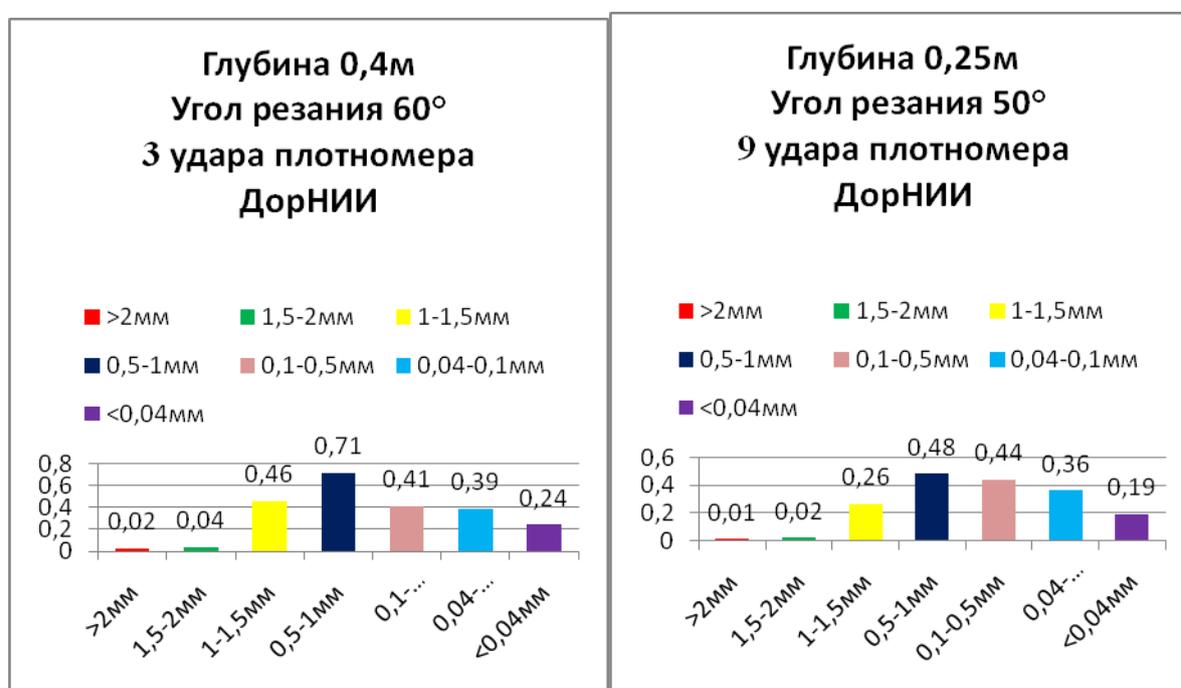


Рисунок 3 - Фракционный состав налипшего грунта

Однако увеличение в разрабатываемом грунте глинистых и пылеватых частиц не приводит к значительному увеличению поверхности налипания. Результирующая формула для определения трения разрабатываемой стружки грунта по поверхности отвала будет иметь вид:

$$R_2 = 2 \cdot H \cdot L \cdot \lambda \cdot \gamma \cdot \cos \delta_c \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\rho + (1 + 0,01 \cdot \alpha \cdot h) \cdot \delta}{2} \right).$$

Список использованных источников

1. В. И. Баловнев. Дорожно-строительные машины и комплексы / В. И. Баловнев, А. Б. Ермаилов, А. Н. Новиков - М.: «Машиностроение» 1988. - 384 с.
2. В.И. Баловнев. Машины для городского хозяйства / В.И. Баловнев, Г.Л. Карабан, И.А. Засов — М.: «Машиностроение» 1988. — 272 с.

3. А.Н. Зеленин. Основы разрушения грунтов механическими способами. Монография. Изд. 2-е перераб. и доп. / А.Н. Зеленин - М.: «Машиностроение», 1968. - 376 с.
4. А.Н. Зеленин. Физические основы теории резания грунтов / А.Н. Зеленин-М.: «Машиностроение» 1950. - 354 с
5. Ю.А. Ветров. Машины для специальных земляных работ. Учебное пособие для вузов / Ю.А. Ветров, В.Л. Баладинский - М.: «Высшая школа» 1980. – 192 с.

УДК 631.95:005.584.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РЫХЛЕНИЮ ГРУНТА ОБЪЁМНЫМ РЫХЛИТЕЛЕМ

Ю. П. Леонтьев, А.А. Макаров

ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Условия взаимодействия рабочего органа объёмного рыхлителя с грунтом существенным образом отличается от взаимодействия рабочих органов землеройных машин, а именно: блокированное резание, большая глубина, требования к определённой степени и полноте рыхления.

Процесс рыхления можно представить в виде последовательности воздействия элементов рыхлителя на грунт. Лемех, выдвинутый вперёд относительно боковых стоек, при поступательном движении образует лидирующую зону разрушения массива. Боковые стойки, установленные с небольшим уклоном назад относительно вертикали, постепенно входят в процесс разрушения, начиная с глубины, с места присоединения к лемеху. К моменту входа боковых стоек в процесс резания, грунт, отделённый лемехом движется вверх по поверхности лемеха, поднимаясь на некоторую высоту, боковые стойки, отделяя грунт от массива, перемещают его к оси рабочего органа и вверх. Подъём и перемещение грунта вверх и вперёд происходит за счёт углов резания лемеха и стоек. При рыхлении в верхней зоне, непосредственно примыкающей к дневной поверхности, рабочий орган взаимодействует с грунтом уже нарушенного сложения, где происходит дробление, сдвиг и выпирание в сторону поверхности массива грунта. Начиная с определённой глубины, грунт подвергается периодическому сжатию с последующим отрывом его от материка. Влияние открытой поверхности массива на напряжённое состояние грунта постепенно уменьшается по мере увеличения глубины. В процессе рыхления грунта возникают три различные по своей структуре области упругих деформаций, пластических и область, в которой имеет место разрушение грунта. Эти области взаимно связаны между собой, и вместе с тем, в каждой из них действуют свои законы механики.

Силу сопротивления рыхлению можно представить, как сумму составляющих: усилие резания F_p , силы трения грунта по стали $F_{Тр1}$, внутреннего трения грунта $F_{Тр2}$, сопротивление по преодолению веса грунта F_n , на перемещение грунта в горизонтальном направлении перед рабочим органом, сила инерции массы грунта $F_{ин}$. Наибольшую величину составляет усилие резания, до 73 % [1]. Аналитическое определение этой составляющей для объёмного рыхлителя представляется сложной задачей. Известные зависимости, предложенные Н.Г. Домбровским, А.Н. Зелениным и другими исследователями, по результатам наших исследований для объёмных рыхлителей дают существенную погрешность, т.к. рабочий процесс резания грунтов землеройными машинами и объёмным рыхлителем отличается по параме-

трам и условиям работы. Глубина рыхления достигает величины 0,8...1,2 м, ширина между боковыми наклонными стойками переменная, плотность грунта по мере увеличения глубины возрастает. На основании ранее выполненных исследований плотности грунтов необрабатываемых полей, нами установлено, что на глубине 0,8 м плотность составляла порядка 1,96 г/см³, а в верхнем слое, толщиной 0,2 м от дневной поверхности, примерно 1,5 г/см³ [2]. Кроме этого, у объёмных рыхлителей на величину удельного сопротивления резанию оказывают влияние параметры и конструкция элементов рабочего органа: это углы резания лемеха и боковых стоек, форма поверхности лемеха, угол наклона боковых стоек к горизонту и др. [3]. В этом случае определить аналитически величину сопротивления резанию с учётом всех факторов довольно сложно.

На основании этого нами были определены значения удельного сопротивления рыхлению для различных конструкций рабочих органов с учётом всех составляющих сопротивлений рыхлению. Экспериментальные исследования проводились вначале в грунтовом канале, заполненном лёгким суглинком, а затем в полевых условиях на грунтах ненарушенной структуры. В грунтовом канале были проведены исследования трёх типов рабочих органов рыхлителей: с прямыми боковыми стойками, с параболическими и вертикальными стойками, но с полукруглым лемехом (U-образный) (рис. 1).

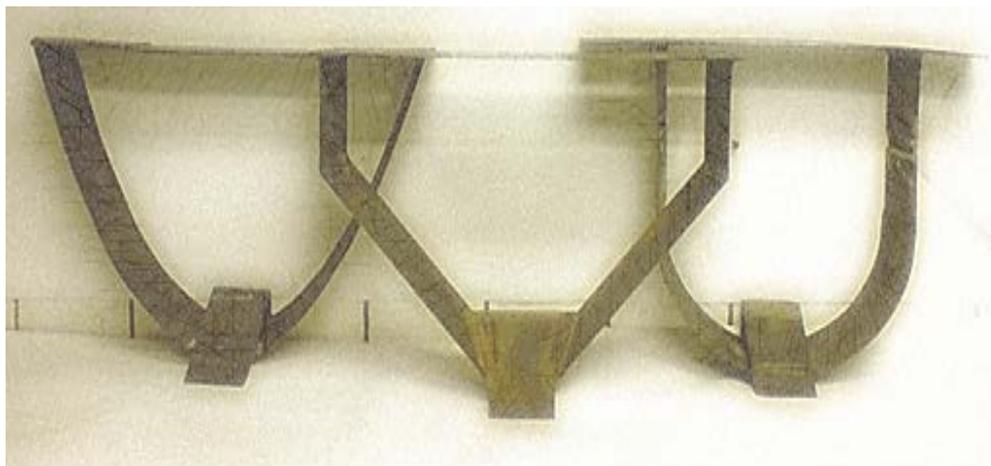


Рисунок 1 - Модели рабочих органов объёмных рыхлителей

Полученные значения тяговых усилий и удельного сопротивления рыхлению были пересчитаны на натурный образец по формулам приближённого физического моделирования. Для проверки достоверности полученных результатов лабораторных опытов были проведены исследования в полевых условиях опытной установки с параболическим рабочим органом [4]. Удельное сопротивление рыхлению определялось как отношение тягового усилия к площади поперечного сечения массива грунта, ограниченного боковыми стойками и лемехом. Средние значения исследуемых величин приведены в таблице 1.

Сравнительный анализ полученных результатов позволил определить ориентировочные значения удельного сопротивления рыхлению для трех типов рабочих органов рыхлителей. Наименьшее значение удельного сопротивления рыхлению наблюдалось для модели с параболическими боковыми стойками, которое составило $K_{уд} = 51 \text{ кН/м}^2$ при рыхлении на глубину 0,56 м.

Таблица 1 - Средние значения результатов исследования моделей рыхлителей

| Глубина, h, м | Тип рабочего органа | | | | | |
|------------------|---------------------|-----------------|------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | Прямолинейный | | U-образный | | Параболический | |
| | F, кН | K _{уд} | F, кН | K _{уд} | F, кН | K _{уд} |
| 0,32 | 15,6 | 100,6 | 18,2 | 91 | 14,3 | 89,4 |
| 0,44 | 21,4 | 78,7 | 22 | 64,7 | 21,3 | 73 |
| 0,56 | 26,9 | 64,7 | 34,5 | 72 | 22 | 51 |
| 0,68 | 32,5 | 55,65 | 48 | 75 | 33,2 | 52 |

Рыхление с разной глубиной позволило определить удельные сопротивление рыхлению для каждой глубины. Опытные данные позволили установить зависимость изменения удельного сопротивления от глубины рыхления. При малой глубине наблюдалось наибольшее значение K_{уд}, с увеличением глубины рыхления значения K_{уд} уменьшались, причем, для U – образного рабочего органа минимальное значение наблюдалось при глубине рыхления примерно 0,5 м. При дальнейшем увеличении глубины h величина K_{уд} для прямолинейного и параболического рабочих органов продолжала уменьшаться при заметной тенденции к стабилизации, а для U – образного наблюдалось плавное увеличение K_{уд}. На рисунке 2 представлены аппроксимирующие кривые, характеризующие изменение удельного сопротивления рыхлению в зависимости от глубины для трех типов рабочих органов объемного рыхлителя.

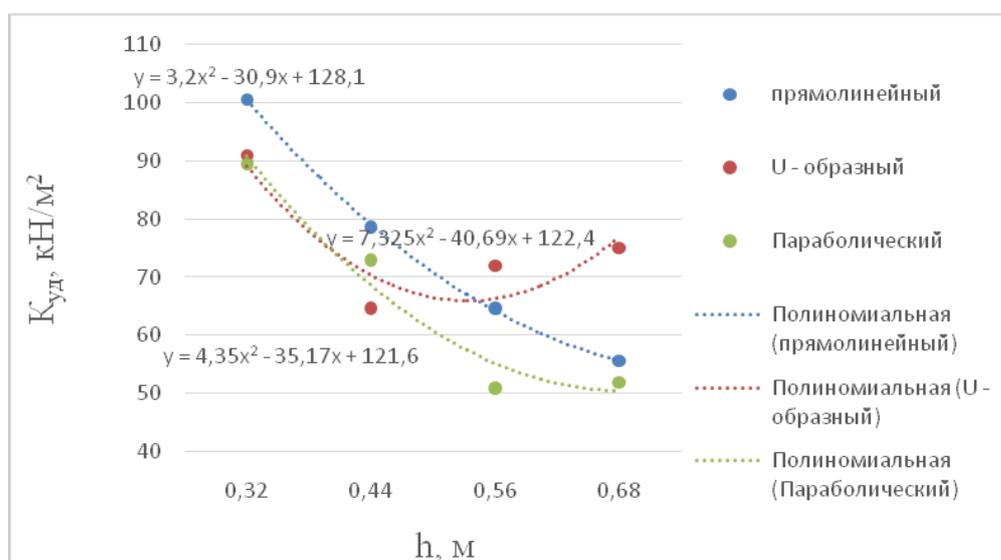


Рисунок 2 - Зависимости удельного сопротивления рыхлению K_{уд} от глубины h

Экспериментальные исследования в полевых условиях опытной установки с параболическим рабочим органом подтвердили результаты лабораторных исследований. Так, при рыхлении грунтов ненарушенной структуры плотностью 1,7...1,8 г /см³ удельное сопротивление рыхлению составило 56 кН/м² при глубине рыхления 0,5 метра, что соответствует результатам лабораторных экспериментов.

При сравнении результатов исследования резания грунтов рабочими органами землеройных машин следует отметить общие закономерности с полученными результатами наших исследований. Анализ результатов опытов с различной глубиной рыхления в целом не противоречит данным исследований по блокированному ре-

занию глинистых талых грунтов таких авторов, как В.Д. Абезгауз, Н.Г. Домбровский, А.Н. Зеленин и другие.

Выводы

1. Экспериментальные исследования процесса рыхления грунта рабочими органами трех типов рыхлителей позволили определить численные значения удельного сопротивления рыхлению, а также сравнить их по усилию рыхления. Наименьшее значение усилия F при рыхлении грунта в полевых и лабораторных условиях зафиксировано для рабочего органа с параболическими и прямыми стойками, а наименьшее значение $K_{уд}$ - для параболического рыхлителя.

2. С увеличением глубины рыхления $K_{уд}$ уменьшалось до определенного значения, при дальнейшем увеличении глубины наблюдалась стабилизация значения $K_{уд}$ для рабочих органов с прямыми и параболическими стойками, а для U-образного увеличение $K_{уд}$.

3. Полученные значения удельного сопротивления рыхлению позволяют достаточно просто приближенно определять сопротивление рыхлению при известной площади сечения, ограниченного боковыми стойками и лемехом рыхлителя.

Список использованных источников

1. Физические основы рыхления грунта и расчёт тягового усилия объёмного рыхлителя. Ю.П. Леонтьев, А.А. Макаров. Научн.-практ. журнал «Природообустройство», № 5, 2011 г.

2. Оценка состояния поверхности и плотности грунта необрабатываемого поля. Ю.П. Леонтьев, А.А. Макаров. Природообустройство: науч.-практ. журн. – М., 2009. – Двухмес. -ISSN 1997-6011, 2009, № 4. – с. 89-95

3. Влияние параметров мелиоративного рыхлителя на рабочий процесс. Ю.П. Леонтьев, А.А. Макаров. Научн.-практ. журнал «Природообустройство», ISSN 1997-6011, № 2, 2013 г. , стр. 97-101.

4. Экспериментальные исследования рабочего органа мелиоративного рыхлителя на минеральных грунтах естественного сложения. Ю. П. Леонтьев, А. А. Макаров. «Современные проблемы использования мелиорированных земель и повышения их плодородия», Материалы международной научно-практической конференции ГНУ ВНИИМЗ РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ, г. Тверь. 2013, стр. 246-252.

УДК: 631.311.5

МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ЗАОХРИВАНИЕМ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБ

Н.Б. Мартынова, И.В. Ильин

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

Существующие дренажные системы на территории Российской Федерации были введены в эксплуатацию 30-50 лет назад. В настоящее время они либо уже не функционируют, либо изношены на 70-90 %. Ремонтные работы на существующих дренажных сетях практически не проводятся. Однако, на территории Нечерноземной зоны Российской Федерации, находящейся в области избыточного увлажнения, невозможно получение устойчивых урожаев без использования дренажа [1].

Илистые частицы, взвешенные в водах дренажного стока, со временем оседают на стенках трубы. Пропускная способность дрены уменьшается, а затем происходит закупорка дренажной системы. Для возобновления работы дренажной сети требуется проведение дренопромывочных работ. Наибольшую опасность для дренажной трубы представляет ее заохривание, возникающее, если содержание железа в стоке превышает 3 мг/л [3].

При контакте с кислородом гидроксид железа (II), взвешенный в водах стока, переходит в гидроксид железа (III) – бурое студенистое вещество, осаждающееся на стенках трубы:



С течением времени происходит значительное уплотнение осадка. В почвах с $\text{pH} < 5$ за 1-3 года может наблюдаться полная закупорка дренажной трубы. Плотный осадок тяжело поддается размыву при проведении дренапромывочных работ [2].

Меры борьбы с заохриванием: повышение уклонов дренажных труб (в этом случае возрастает скорость движения потока, и наносы будут оставаться частично во взвешенном состоянии, скорость их оседания замедлится), известкование почвы с целью повышения pH , подтопление дренажного стока для уменьшения доступа в трубу кислорода воздуха. Однако последний метод ухудшает работу дренажной сети, уменьшает скорость дренажного стока, и, следовательно, выпадение осадка будет наблюдаться дальше от устья дрены, что еще более затруднит проведение дренапромывочных работ.

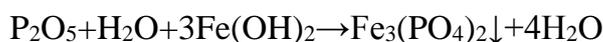
Перспективным методом профилактики образования илистого осадка на поверхности трубы является добавление золы в грунт обратной засыпки траншеи при строительстве дренажа. В состав золы входит свободный углерод. Являясь сильным восстановителем, углерод будет увеличивать pH почвы, тем самым замедляя реакцию образования гидроксида железа (III).

При рассмотрении древесная, угольная и торфяная зола в составе имеет следующие различия (табл. 1): в составе золы каменного, бурого углей, а также горючих сланцев преобладает оксид кальция (20-48 %), в торфяной золе его немного меньше (15-26 %). Являясь основным оксидом, CaO не будет замедлять реакцию образования $\text{Fe}(\text{OH})_3$. В древесной золе (табл. 2) присутствует кислотный оксид фосфора P_2O_5 . Процент содержания оксида фосфора различен у золы различных древесных пород и колеблется от 4 до 9 %. В некоторых видах торфяной золы (в основном в низинных травянистых торфяниках) содержание P_2O_5 может достигать 7 %. В других видах торфяной золы, а также в угольной и сланцевой золах содержание оксида фосфора не превышает 1 %.

Таблица 1 - Содержание оксидов калия, кальция и фосфора в топливной золе (по И.Р. Голубеву и Ю.В. Новикову)

| Топливо | Содержание K_2O , % | Содержание CaO , % | Содержание P_2O_5 , % |
|----------------|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| Низинный торф | 1,0 | 20,0 | 1,2 |
| Верховой торф | 0,3 | 6,0 | 0,5 |
| Каменный уголь | 0,2 | 3,5 | 0,2 |
| Сланцы | 1,5 | 42,0 | 1,0 |

Оксид фосфора вступает в реакцию с гидроксидом железа (II), образуя соль фосфорной кислоты:



Соль осаждается в околдренном пространстве, не проникая в трубу. Заохривание дренажной трубы будет протекать значительно медленнее или совсем прекратится.

Таблица 2 - Содержание оксидов калия, кальция и фосфора в золе древесных пород и соломе злаковых культур (по И.Р. Голубеву и Ю.В. Новикову)

| Виды золы | Содержание $K_2O, \%$ | Содержание $CaO, \%$ | Содержание $P_2O_5, \%$ |
|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|
| Гречишная солома | 35,3 | 18,5 | 2,5 |
| Ржаная солома | 16,2 | 8,5 | 4,7 |
| Пшеничная солома | 13,6 | 5,9 | 6,4 |
| Березовые дрова | 13,8 | 36,3 | 7,1 |
| Сосновые дрова | 6,9 | 31,8 | 2,0 |
| Еловые дрова | 3,2 | 25,3 | 2,0 |
| Льняная солома | 3,0 | 8,0 | 6,0 |
| Стебли подсолнечника | 36,3 | 18,5 | 2,5 |

Золу древесных пород либо торфяную золу необходимо засыпать в траншею вместе с грунтом обратной засыпки из расчета 10 кг золы на 1 м дренажа (рис. 1). Помещенные в траншею частицы золы будут повышать рН почвы за счет содержания свободного углерода, а присутствие оксида фосфора позволит замедлить или совсем прекратить реакцию образования гидроксида железа (III), что значительно увеличит срок службы дренажной трубы и значительно облегчит поведение дренажно-промывочных работ.

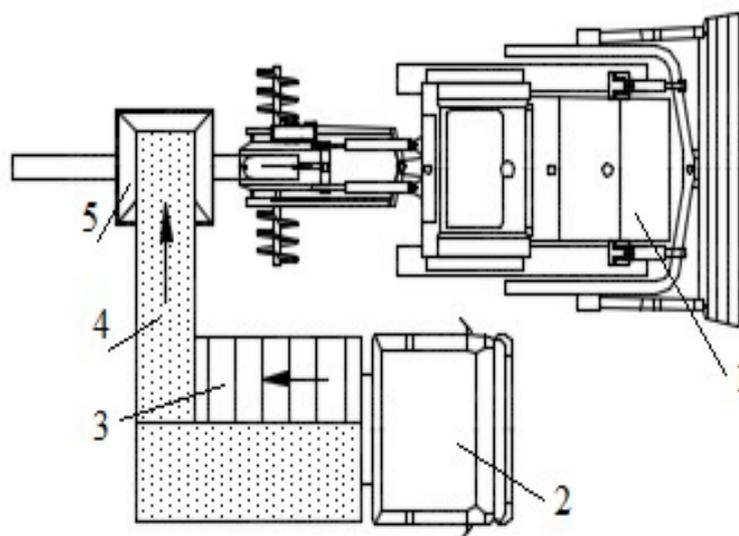


Рисунок 1 - Схема загрузки песчано-гравийной смеси в дренаж: 1 – дренаж; 2 – перегружатель фильтра; 3 – продольный транспортер; 4 – поперечный транспортер; 5 – загрузочный бункер

Список использованных источников

1. Водная стратегия агропромышленного комплекса России на период до 2020 года – М.: Изд. ВНИИА – 2009.
2. Кунце Г. Загрязнение почвы железом и заохривание труб/Г.Кунце – М.: Агропромиздат, 1986 – 106с.
3. Вчелько В.Б. Заохривание закрытого дренажа/В.Б. Вчелько, Н.Н. Ковальчук, В.А. Колупаев//Мелиорация и водное хозяйство – М., 1985- №12. – С.42-44.

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЫБОРОЧНОГО ВЫРАВНИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ РИСОВОГО ЧЕКА

С.Ю. Насонов, Ю.Г. Ревин

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

Совершенствование методов и технических средств выравнивания поверхности рисовых чеков становится в настоящее время вполне реализуемой по двум направлениям, по крайней мере, задачей. Первая может заключаться в снижении времени работы, вторая – в повышении качества выравнивания.

В настоящей статье предлагается рассмотреть возможность повышения эффективности работы планирующих машин за счёт внедрения в практику так называемого выборочного выравнивания.

Такой метод целесообразен для обработки рисовых чеков со значительной неравномерностью распределения неровностей по длине и амплитуде, что по классификации неровностей из работы [1] составляет 3-ю группу. Уровень этой неравномерности ориентировочно можно оценить при помощи двух оценочных показателей: коэффициента относительной удалённости участков, нуждающихся в срезке или насыпи, и коэффициента дефектности поверхности чека. Возможно использование для обоснования выбора рациональной технологии наличия информации о большем или меньшем составе неровностей большой длины.

В качестве примера того, какие результаты могут быть получены при выборочном выравнивании, рассмотрим конкретный рисовый чек № 991 хозяйства «Ордынское», находящегося в Краснодарском крае. Основные характеристики чека таковы: общая площадь $S_0=6,12$ га, среднее значение дисперсии $D_0 \approx 28$ см²; средняя амплитуда $A_0 \approx 7,5$ см.

Вся площадь рассматриваемого чека может быть разделена на четыре участка, обладающих довольно значительными особенностями (рис. 1).

Участок № 1 (обозначим его как Z1) характерен тем, что вся его поверхность располагается выше нулевого уровня. Его площадь $S_1=1,8$ га, дисперсия $D_1 \approx 7,6$ см²; средняя амплитуда $A_1 \approx 3,9$ см. Для её выравнивания требуется только сплошная срезка грунта. В качестве средства механизации наиболее целесообразно использовать клин-планировщик (с последующим подбором валиков грунта и их развозкой скрепером на другие участки). После выравнивания участка № 1 дисперсия его неровностей равна 2,7 см², а средняя амплитуда – 2,3 см.

Участок № 2 (Z2) может быть охарактеризован как поверхность с относительно равномерным распределением неровностей. Его площадь равна также, как и в предыдущем случае, $S_2=1,8$ га, дисперсия – $D_2 \approx 14,5$ см²; средняя амплитуда $A_2 \approx 5,4$ см. После выравнивания ковшовым планировщиком неровности поверхности участка № 2 таковы: дисперсия равна 0,6 см², средняя амплитуда – 1 см.

Участок № 3 (Z3) представляет собой поверхность со сплошной насыпью и может быть выровнен только при помощи скрепера. Его площадь $S_3=1,44$ га, дисперсия – $D_3 \approx 11,3$ см²; средняя амплитуда $A_3 \approx 4,8$ см. Расчётные оценки результатов выравнивания таковы: дисперсия равна 7,6 см², средняя амплитуда 3,9 см.

Последний, участок № 4 (Z4) имеет следующие характеристики. Площадь его поверхности составляет $S_4= 1,08$ га, $D_4 \approx 20,8$ см²; средняя амплитуда $A_4 \approx 6,4$ см. Распределение неровностей на этом участке особенное – половина поверхности

требует срезки, другая половина – насыпи. Причём, разделительная черта одной половины от другой проходит по диагонали. Выравнивание поверхности участка № 4 короткобазовым планировщиком позволит получить следующие результаты: дисперсию – $0,6 \text{ см}^2$, среднюю амплитуду $1,1 \text{ см}$.

| | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0 | 4.9 | 5.9 | 7.4 | 6.9 | 6.4 | 2.4 | 0 | 3.4 | 2.4 |
| 1 | 2.4 | 3.4 | 5.4 | 1.9 | 5.9 | 0 | 6.9 | 2.4 | 4.9 |
| 2 | -2.1 | 2.9 | 6.4 | 5.4 | 6.4 | 2.4 | 6.4 | 5.4 | 2.9 |
| 3 | 2.4 | 1.9 | 7.4 | 7.4 | 9.4 | 0 | 7.9 | 10 | 2.9 |
| 4 | 7.9 | 4.4 | 6.4 | 4.4 | 10 | 1.4 | 2.9 | 4.9 | 4.4 |
| 5 | 4.4 | 0 | 0 | -1.6 | 4.9 | 0 | 2.4 | -1.6 | 1.4 |
| 6 | 3.4 | -2.6 | 2.4 | -2.1 | 5.4 | 0 | 3.9 | -2.6 | -8.6 |
| 7 | -2.6 | -5.6 | 4.4 | 2.4 | 10 | 2.4 | 3.4 | -1.6 | 1.4 |
| 8 | 2.4 | 0 | 4.4 | 1.9 | 10 | 4.4 | 2.4 | 0 | -2.6 |
| 9 | 0 | -4.6 | 0 | 0 | 4.4 | -5.1 | 0 | -4.1 | -4.6 |
| 10 | -4.6 | -2.1 | -2.6 | -3.1 | 3.9 | -4.1 | -7.6 | -5.6 | -5.1 |
| 11 | -7.6 | -6.1 | -1.1 | -9.6 | -4.6 | -13 | -9.6 | -8.1 | -3.6 |
| 12 | -5.6 | -9.6 | -4.6 | -13 | -6.1 | -7.1 | -9.6 | -10 | -7.6 |
| 13 | -4.6 | -9.1 | -5.6 | -11 | -3.1 | -5.6 | -6.6 | -6.6 | -6.6 |
| 14 | 1.4 | -4.6 | 1.4 | -7.1 | -3.1 | -3.6 | -3.6 | -6.1 | -8.6 |
| 15 | 3.9 | 1.4 | 2.9 | 0 | 1.9 | -4.1 | 0 | -3.1 | -3.6 |
| 16 | 13 | 2.4 | 1.4 | 2.4 | 3.4 | 1.9 | 2.9 | 0 | -7.1 |

Рисунок 1 – Матрица, представляющая вертикальные неровности исходной поверхности чека

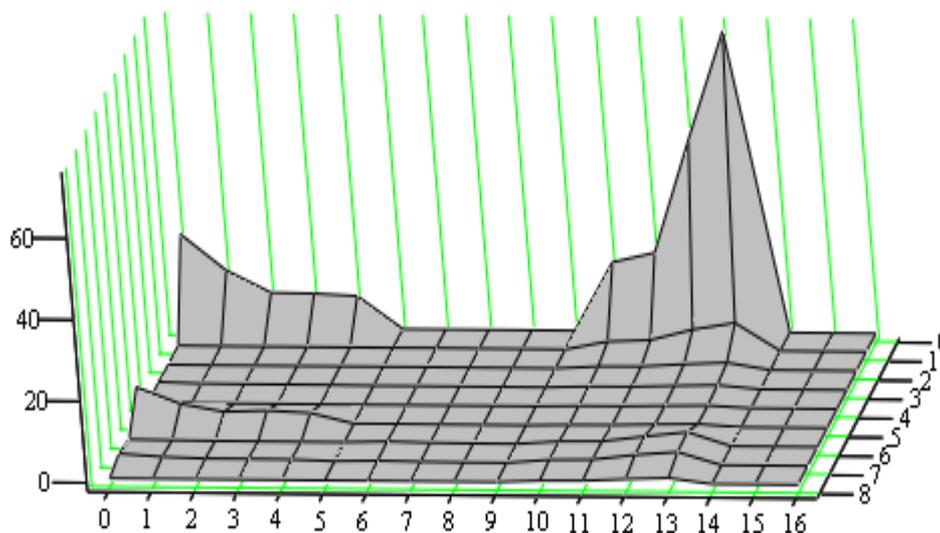


Рисунок 2 – Пространственное изображение спектральной плотности выровненного чека, на графике: оси X, Y – стороны чека, м, Z – спектральная плотность, $\text{см}^2/\text{м}^2$

В результате «склеивания» спектральных плотностей всех четырёх рассмотренных участков исходной поверхности после выравнивания (рис. 2) получим следующие результаты: дисперсия неровностей всего выровненного рисового чека $D_B \approx 2,4 \text{ см}^2$; средняя амплитуда $A_B \approx 2,2 \text{ см}$.

Для сравнения расчётных данных по неровностям всего рисового чека № 991 после сплошного выравнивания его поверхности длиннобазовым планировщиком Д-719 имеем амплитуду равную 4,5 см при движении челночным способом по короткой стороне чека. При движении по длинной стороне имеем амплитуду равную 3,1 см.

Выводы

1. Выборочная планировка отдельных категорий рисовых чеков позволяет выполнить выравнивание их поверхности при вполне приемлемом качестве работы. При этом затраты времени несколько снижаются за счёт некоторого совмещения работ и частичного ускорения выравнивания поверхности клин-планировщиком.

2. Для обобщённой оценки целесообразности использования выборочной планировки следует провести более детальные расчёты по оценке производительности машин.

Список использованных источников

1. Ревин Ю. Г., Насонов С. Ю. Повышение эффективности процесса выравнивания поверхности рабочих площадок на основе анализа их неровностей // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 1. – С. 45-50.

УДК. 631.311.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМЕННО - АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ГЛУБОКОГО РАЗРЫХЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ПОЧВ

Н.А. Палкин

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

Интенсификация производства сельскохозяйственной продукции помимо позитивных явлений приносит и негативные, проявляющиеся в ухудшении отдельных свойств почв. Самой серьёзной проблемой является переуплотнение почв, возникающее вследствие естественных и искусственно вызванных косвенных влияний. Тяжелые по механическому составу и вторично переуплотненные почвы отличаются более высокой объемной массой, низкой пористостью, что затрудняет аэрацию и возможность для перераспределения по слоям влаги и воздуха, дополнительного проникновения их в нижележащие пласты. Одновременно повышается сопротивляемость почвы при ее обработке, затрудняется подготовка почвы к посевным работам, в результате остаются на одном и том же уровне или снижаются урожаи возделываемых культур [1].

Глубокое разуплотнение без оборота пласта - эффективный метод интенсивной мелиорации тяжелых по механическому составу почв, направленный на улучшение структуры почвенного профиля на глубину 0,5... 1,2 м, обеспечивает существенное сохранение и повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий.

Традиционные технологии рыхления осуществляются совмещением процессов резания и подъема отделенного пласта грунта. В зависимости от типа рыхлителя резание выполняется лемешной или комбинацией лемешной и стоечной частью рабочего органа, а подъем грунта – за счет углов установки режущих поверхностей. Существенное повышение эффекта рыхления проводится за счет вибрации лемеха. Однако дополнительное оборудование усложняет конструкцию и не обеспечивает требуемое качество рыхления, особенно на переувлажненных грунтах.

Проведенные предварительные исследования показывают, что интенсификация процесса разуплотнения грунтов возможна при помощи плазменно-акустического воздействия (ПАВ). При использовании метода ПАВ создаются мощные разрушающие усилия, достаточные для получения однородной мелкокомковатой структуры независимо от типа и влажности почвогрунта. Метод ПАВ является развитием электро-гидравлического эффекта, разработанного Юткиным Л.А. и широко применяемого в различных отраслях народного хозяйства для преобразования энергии, создания высоких давлений при штамповке или прессовании, резке различных материалов, активации обменных процессов в почвенном слое и т.д.[2].

Усовершенствованный в последние годы метод плазменно-акустического дробления материалов отвечает технологиям разрушения не только прочных материалов, но и связно-пластичных веществ. При использовании метода ПАВ отпадает необходимость дополнительного применения каких-либо химических соединений, поскольку его выполнение основывается только на выделении значительной электрической энергии при импульсном разряде и преобразование полученного импульса в ударную волну. При этом уровень шума и вибрации во время проведения работ являются незначительным. До сих пор разработанные параметры применения ПАВ не давали требуемой системы усилий для качественного разрушения разуплотняемого пласта - именно в этом был их недостаток. Доработка и практическая апробация метода плазменно-акустического дробления при соответствующем оптимальном выборе электрических параметров позволила достичь значительных разрушающих усилий и обеспечила возможность практического применения этого метода для различных нужд народного хозяйства, в том числе и для разуплотнения тяжелых по механическому составу грунтов [3].

Нами предпринята попытка использования плазменно-акустического воздействия для разуплотнения верхнего слоя в процессе прокладки кротовых дрен. Для этого на расчетной глубине создается кротовая полость, которая заполняется грунтовой или принудительно подаваемой водой или растворами химмелиорантов. В процессе прокладки по кротовине пропускаются разряды электрического импульса. Подбором энергии и времени воздействия создается плазменное облако и генерируется ударная волна, благодаря которой происходит встряхивание пласта и разуплотнение вышележащего слоя почвы.

При проведении лабораторных экспериментов на грунтовом лотке использовался лабораторный генератор мощных импульсов тока (ГМИТ) конструкции Воронина А.В. [4] и опытные конструкции коммутационных кабелей и дренов (табл. 1).

Генератор мощных импульсов тока подключается к сети переменного тока напряжением 220 вольт частотой 50 Гц с низким внутренним сопротивлением. Чем ниже внутреннее сопротивление сети, тем более мощные импульсы тока могут быть получены. Кратковременное подключение нагрузки осуществляется с помощью силового ключа, на который подается сигнал с блока управления. Для того, чтобы к генератору можно было подключать индуктивные нагрузки, используется демпфирующая цепь [4].

В связи с тем, что разрыхление плазменно-акустическим воздействием происходит, когда рабочее оборудование перемещается непрерывно, должен использоваться «мягкий» режим рабочего процесса. В таких условиях существующие конструкции кабелей – удлинителей потребовало доработки.

Таблица 1 - Технические данные лабораторного генератора мощных

импульсов тока (ГМИТ)

| | |
|---|--|
| форма генерируемых импульсов | одиночные колоколообразные |
| максимальная амплитуда импульса тока | 2000 А |
| длительность импульса тока | 10 ... 30 мсек, может задаваться внутрисхемно или выбираться переключателем в зависимости от модификации прибора |
| готовность к работе | сразу после включения |
| потребляемая мощность в режиме ожидания | не более 20 В · А |
| частота следования импульсов | 0.25 Гц (один импульс в 4 секунды) |
| время непрерывной работы при частоте следования импульсов 0.25 Гц | не ограничено |

Конструктивно кабель представляет собой коаксиальный элемент системы, предназначенный для мгновенной подачи мощных импульсов тока от ГМИТ до работающих полюсных пар. В качестве силового кабеля может быть использована конструкция [3] (рис. 1). При подаче электрического разряда сила тока скачкообразно повышается до 2 килоампер, при этом кабель подвергается механическим нагрузкам в несколько десятков мегапаскалей.

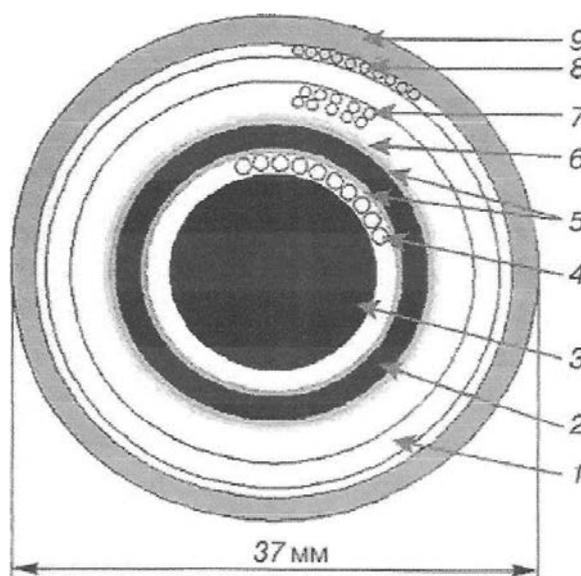


Рисунок 1 - Вариант конструкции коаксиального кабеля:

1 - промасленная ткань; 2 - изоляционный слой на основе резины; 3 - резиновая оболочка; 4 - центральный проводник; 5 - полупроводниковая лента; 6 - лента из нержавеющей стали; 7 - внешний проводник; 8 - упрочняющий слой из стальной проволоки; 9 - защитный резиновый слой

Для исключения повреждения кабеля от действия электромагнитных сил на нем должен быть предусмотрен упрочняющий слой, который защищает всю структуру кабеля.

Окончательно оптимальные параметры и конструкция рабочего оборудования, будут уточнены после проведения лабораторных и полевых экспериментов.

Список использованных источников

1. Научные основы экологически безопасных технологий обработки почвы / А.П. Щербаков и др. В сб. научн. тр. ВАСХНИЛ - М.: Агропромиздат, 1991.
2. Юткин Л.А., Гольцова Л.И. Электрогидравлический эффект. Л.: Машгиз, 1955.
3. По материалам японских фирм «Фудзайкуми Добоку Кёгё», «Ноё Куми» и «Сумитомо Дэнки Когё», 2006.
4. Воронин А. В., Кузнецов В. М. Генератор мощных импульсов тока на тиристорах. – ПТЭ, 1982, № 5.

УДК 389:631.612

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИН ДЛЯ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ

В.С. Пунинский, Г.Х. Бедретдинов

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

Развитие сельского хозяйства РФ в переходный период к рыночной экономике существенно замедлилось. В условиях жесткой конкуренции с зарубежными товаропроизводителями резко сократились площади обрабатываемых земель и производство отечественной сельскохозяйственной продукции. Сокращение производства в первую очередь ударило по мелиорированным землям. За последние двадцать лет мелиоративное состояние более чем 50 % ранее осушенных земель резко ухудшилось, повсеместно наблюдается подъем уровня грунтовых вод, вторичное заболачивание, деформации и зарастание элементов открытой сети очаговой растительностью. Ремонт и восстановление мелиоративных систем при таких условиях требует разработки новых эффективных способов и обоснования эффективных средств механизации для производства работ.

Проведенными исследованиями установлено, что при восстановлении мелиоративных систем более 75 % объемов работ приходится на ремонт элементов осушительной и оросительной сети, а при ремонте открытых каналов выполняется до 50 % объемов земляных работ. На оросительных каналах выполняются работы по ликвидации деформаций и очистке русел от наносов.

При восстановлении осушительных каналов существуют два альтернативных варианта - ремонт или прокладка нового русла канала. Выбор наиболее эффективного варианта осуществляется по величине заиления.

Для обоснования области применения альтернативных способов проведены расчеты технологий восстановления осушительных каналов. В качестве альтернативных вариантов технологий приняты: очистка канала с утилизацией растительности на приканальной полосе [1] и технология прокладки нового русла. Последняя включает очистку русла канала от древесной растительности, измельчение древесной растительности на щепу с укладкой её в русло старого канала, разработку грунта в сечении нового канала с укладкой вынутаго грунта в старое русло и выравнивание отвалов грунта. Для выполнения технологических операций применяются существующие и новые средства механизации с расчетными стоимостными показателями, приведенными к современному уровню цен.

В результате оценки альтернативных технологий получены расчетные зависимости удельных стоимостных показателей от величины заиления (рис. 1). Точки пересечения полученных зависимостей определяют границы области применения альтернативных технологий. Так при заилениях ниже 0,44...0,48 от глубины канала

наиболее эффективно проводить ремонт, а более 0,44...0,48 – прокладку нового русла канала.

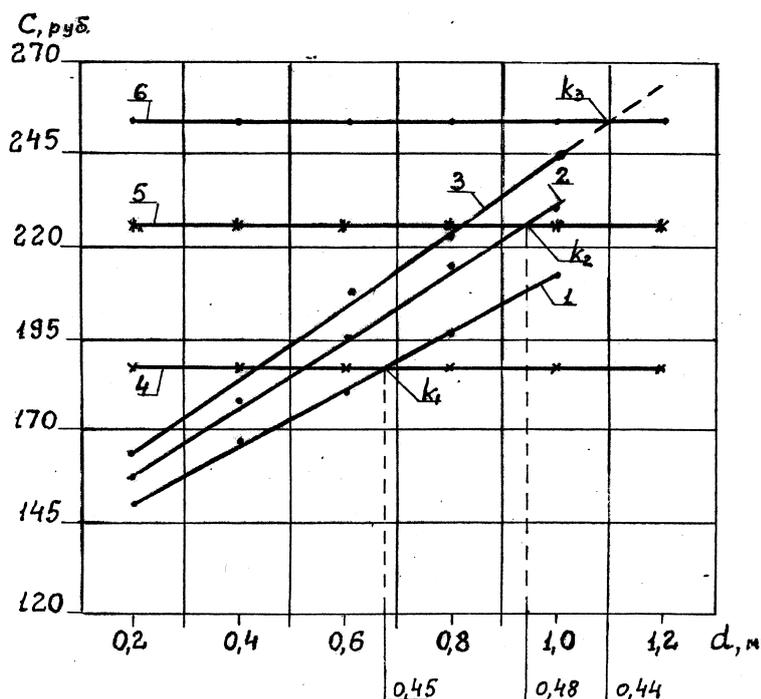


Рисунок 1 - Зависимости удельных стоимостей ремонта и прокладки нового русла канала от толщины слоя заиления:

1...3 – ремонт канала (1- глубина 1,5 м; 2 - глубина 2,0 м; 3 - глубина 2,5 м); 4...6 - прокладка нового русла (4 - глубина 1,5 м; 5 - глубина 2,0 м; 6 - глубина 2,5 м), k - отношение толщины слоя наносов к проектной глубине канала

Обоснование перспективных машин для ремонта и восстановления водопроводящих каналов проведено с применением метода имитационного моделирования [2] (алгоритм решения в таблице 1). В качестве целевой установки принято определение прогнозных параметров ведущих машин. При обосновании параметров в качестве критериев приняты: удельная материалоёмкость, отнесенная к 1 м выемки канала; удельные трудозатраты, отнесенные к 1 м выемки канала и удельные затраты на единицу производительности. Имитационная модель сформирована из ранее разработанных и присутствующих на рынке машин с рабочими органами непрерывного действия и циклического действия. Для охвата полной номенклатуры водопроводящих каналов выборки машин составлены для осушительных каналов с расходами до $10 \text{ м}^3/\text{с}$ и оросительных каналов - свыше $10 \text{ м}^3/\text{с}$. При решении задачи использован поэтапный подход, основанный на методике полного перебора. В процессе исследований на каждом этапе значения критерия ранжируются в порядке возрастания и при необходимости экстремальные значения в квантах отсекаются.

В общем виде решение задачи осуществляется следующим образом. На первом этапе проводится установление взаимосвязей принятых критериев с параметрами существующих машин. Взаимосвязи представляются в виде корреляционных зависимостей мощности N от удельной материалоёмкости G_m , расхода топлива Q_e от трудозатрат T_z , и массы машин M от удельных затрат C_e . На втором этапе производится увязка технических показателей машин с параметрами каналов. На тре-

твом этапе по полученным зависимостям рассчитываются прогнозные показатели перспективных машин [3].

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

| Наименование показателя | Расчетная формула | Значение показателя ТС, v | Численные значения параметров ТС, предлагаемых на рынке | | | |
|--|---|--|--|----------------|----------------|----------------|
| Эмпирическая зависимость массы ТС от Уд. затрат | | | | | | |
| Масса ТС, М, кг | $M = \hat{f}(C_e)$ | $\hat{y}_3 = K_{j.1}X^3 + K_{j.2}X^2 + K_{j.3}X + K_{j.4}$ | | | | |
| Удельные затраты на единицу производительности | | | | | | |
| C_e , руб/м ³ (руб/га) | $C_e = C_o / W$ | $C_e.v$ | $C_e.1$ | $C_e.2$ | $C_e.3$ | $C_e.4$ |
| Затраты, C_o , руб/ч | $C_o = (C_{маше.р}/100M_{м-ч}) + Q_e D + 3$, руб/ч | $C_o.v$ | $C_o.1$ | $C_o.2$ | $C_o.3$ | $C_o.4$ |
| Эмпирическая зависимость расхода топлива от Уд. трудозатрат на 1 м выемки | | | | | | |
| Q_e , кг/чел.-ч/м ³ (кг/чел.-ч / га) | $Q_e = \hat{f}(T_3)$ | Q_e | $\hat{y}_2 = K_{q.1}X^3 + K_{q.2}X^2 + K_{q.3}X + K_{q.4}$ | | | |
| Q_e - расход топлива, кг/ч | $Q_e = N_e q_0 10^{-3}$ | $Q_e.v$ | $Q_e.1$ | $Q_e.2$ | $Q_e.3$ | $Q_e.4$ |
| Удельные трудозатраты на 1 м выемки (длины захвата) | | | | | | |
| T_3 -, чел.-ч/ м ³ (чел.-ч / га) | $T_3 = 1 / (W/L)$, Критерий №2 | T_3 | $T_3.1$ | $T_3.2$ | $T_3.3$ | $T_3.4$ |
| Эмпирическая зависимость мощности от удельной материалоемкости на 1 м выемки | | | | | | |
| N_0 , кВт м/ м ³ (кВт м/га) | $N_0 = \hat{f}(G_m)$ | $N_{0.d}$ | $\hat{y}_1 = K_{N.1}X^3 + K_{N.2}X^2 + K_{N.3}X + K_{N.4}$ | | | |
| N_0 - номинальная мощность, кВт | (Перспективы, техническая документация) | $N_{0.v}$ | $N_{0.1}$ | $N_{0.2}$ | $N_{0.3}$ | $N_{0.4}$ |
| Удельная материалоемкость на 1 м выемки (длины захвата) | | | | | | |
| G_m -, т м/м ³ (т м/га) | $G_m = M/(W/L)$, Критерий №1 | $G_m.v$ | $G_m.1$ | $G_m.2$ | $G_m.3$ | $G_m.4$ |
| Марка технического средства | | A | B ₁ | B ₂ | B ₃ | B ₄ |

Обозначения входящих параметров: G_m - удельная материалоемкость ранжируется в порядке возрастания; N_0 - номинальная мощность двигателя, кВт; T_3 - удельные трудозатраты; M - масса ТС, кг; L - длина захвата, м; W - производительность ТС, м³/ч, (га/ч); Π - выработка ТС, $\Pi = W/L$; Q_e - расход топлива, кг/ч, N_e - эффективная мощность двигателя, кВт; $N_e = K_x * N_0$; $K_x = K_{ив} * K_{им} * K_{пр}$; K_x - коэффициент потерь мощности на трение, буксование, использования мощности и загрузки двигателя; $K_{ив}$ - коэффициент использования двигателя по времени; $K_{ив} = 0,65...0,85$, $K_{им}$ - коэффициент использования двигателя по мощности, учитывающий позиционную работу при загрузке технологиче-

ского материала, маневрирование и временные остановки без глушения двигателя; $K_{им} = 0,5...0,75$; $K_{пр}$ - коэффициент учитывающий использование мощности двигателя в период пуска и регулирования работы машины; $K_{пр} = 1,03...1,28$; q_0 - удельный расход топлива, г/кВт; C_e - удельные затраты руб/м³ (руб/га); C_o - затраты на машино-час, руб/ч, $C_{маш}$ - стоимость ТС, руб, e_p - амортизационные отчисления, 15-20 %; Z - зарплата машиниста, руб/ч; D - стоимость топлива, руб/кг; $M_{м.-ч}$ - годовая загрузка; M - поверочная масса ТС для перебора значений при необходимости повтора цикла моделирования, кг.

В результате получены выборки машин для ремонта и восстановления мелиоративных каналов (табл. 2 и 3).

По выборкам (табл. 2 и 3) установлены наиболее перспективные машины и их технико-экономические показатели при производстве работ по ремонту и восстановлению мелиоративных каналов.

Для осушительных каналов рекомендуется самоходный внутриканальный каналоочиститель с низким расположением центра тяжести (проектная марка КВМ-4,6). Машина имеет манипулятор, ротор-метатель с измельчителем корней и пней, эжектором с трубопроводом для погрузки материалов в транспортные средства.

Новый многоцелевой каналоочиститель (проектная марка КМ2331) выполнен на базе колесного трактора со сдвоенными колесами. Машина имеет манипулятор с телескопической стрелой, 6 сменных рабочих органов и седельное сцепное устройство для присоединения двухосного полуприцепа. Выполняет окашивание периметра канала, планировку откосов, загрузку и транспортировку растительно-грунтовой массы к месту утилизации.

Каналоочиститель многоцелевой (проектная марка XS-8266S) выполнен на базе колесного трактора со сдвоенными колесами. Машина смонтирована на сочлененной раме, имеет манипулятор с телескопической стрелой, четыре сменных гусеницы, оборудование для дноуглубления, срезания кустарника на откосах и дне каналов и 15 сменных рабочих органов.

Кроме вышеуказанных машин, рекомендованы каналоочиститель циклического действия (типа РР-303) и каналоочиститель с фронтальной дополнительной опорой (проектная марка КМ2,6ФО производства Республики Беларусь) с комплектом рабочих органов циклического и непрерывного действия

Для оросительных каналов рекомендуются: одноковшовый экскаватор ЭО-4112А1 производства ООО «ДонЭкс», мелиоративный земснаряд «Нижегородец-1М» производства ОАО «Сапропель» РФ, экскаватор-амфибия АМ140 ООО «ГраффТ» и экскаватор-амфибия ZD120 фирмы **НІТАСНІ**.

Рекомендуемые средства механизации обеспечивают наиболее эффективную работу по ремонту и восстановлению открытых мелиоративных каналов.

Таблица 2 - Выборка машин для ремонта и восстановления осушительных каналов (с расходом до 10 м/с)

| 1. Каналы глубиной 2,0 м, шириной по дну 0,4 м | | | | | | | |
|--|----------------|----------|------------|---------|----------|---------|------------|
| Показатели | ТС | *КВМ-4,6 | MP-19 | КМ-82 | EW145B | MMP-0,1 | ЭО-2621ДТ |
| Удельные затраты на единицу производительности, руб/м ³ | Ce | 29,47 | 41,59 | 40,11 | 37,21 | 34,31 | 30,35 |
| Затраты на машинно-час, руб/ч | Co | 589,37 | 1039,64 | 962,75 | 2678,82 | 823,42 | 880,18 |
| Номинальная мощность, кВт | N ₀ | 33,1 | 96 | 96 | 110 | 57,4 | 66,1 |
| Масса машины, т | M | 3,100 | 6,000 | 5,700 | 13,100 | 6,120 | 6,050 |
| Производительность, м ³ /ч | W | 20 | 25 | 24 | 72 | 24 | 29 |
| 2. Каналы глубиной 3,0... 3,5 м, шириной по дну от 0,6 до 1,5 м | | | | | | | |
| Показатели | | ОКН-0,5 | *XS-8266-S | MP-16 | PP-303 | EK-14 | ЭО-4112А-1 |
| Удельные затраты на единицу производительности, руб/м ³ | Ce | 40,60 | 36,64 | 66,89 | 24,56 | 94,63 | 44,60 |
| Затраты на машинно-час, руб/ч | Co | 974,43 | 1648,82 | 2341,22 | 613,96 | 1419,40 | 892,07 |
| Номинальная мощность, кВт | N ₀ | 96 | 118 | 215 | 66 | 123 | 66 |
| Масса машины, т | M | 4,72 | 22,4 | 16,73 | 10,4 | 14,0 | 24,5 |
| Производительность, м ³ /ч | W | 24 | 45 | 35 | 25 | 15 | 20 |
| 3. Каналы глубиной до 2,5 м, шириной по дну от 0,4 до 2,0 м | | | | | | | |
| Показатели | | MP-15 | *КМ-2331 | КМ2,6ФО | ЭО-4121Б | EC220D | ЭО-3326 |
| Удельные затраты на единицу производительности, руб/м ³ | Ce | 15,76 | 26,03 | 19,12 | 13,42 | 33,28 | 24,88 |
| Затраты на машинно-час, руб/ч | Co | 535,89 | 1301,27 | 1338,37 | 1046,62 | 3195,12 | 1194,01 |
| Номинальная мощность, кВт | N ₀ | 44 | 129 | 73 | 96 | 123 | 58 |
| Масса машины, т | M | 12,500 | 9,5 | 14,560 | 23,5 | 23,990 | 13,000 |
| Производительность, м ³ /ч | W | 34 | 50 | 70 | 78 | 96 | 48 |

Таблица 3 - Выборка машин для ремонта оросительных каналов (с расходом выше 10 м/с)

| 1. Каналы глубиной 2,0 м, шириной по дну от 0,8 до 1,5 м | | | | | | | |
|--|------------------|--|--|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|
| Показатели | ТС | PP220W Кировский тракторный завод РФ | XS-8266-S Онежский тракторный завод РФ | ET-25 ОАО «ТВЭКС» РФ | ЭО-4225А-07 ОАО «Ков- ровец» РФ | ЭО-4112А-1 ООО «ДонЭкс» РФ | EW145B Компания VOLVO Швеция (Калуга РФ) |
| Удельные затраты на единицу производительности, руб/м ³ | Ce | 25,99 | 24,00 | 20,98 | 13,18 | 9,61 | 24,97 |
| Затраты на машино-час, руб/ч | Co | 1684,06 | 1920,05 | 1657,60 | 1160,13 | 887,47 | 1548,14 |
| Номинальная мощность, кВт | N ₀ | 90,2 | 129 | 132 | 125 | 66 | 110 |
| Масса машины, т | M | 16,3 | 22,4 | 27,0 | 25,8 | 24,5 | 13,1 |
| Удельная материалоемкость, т/м ³ /ч | Gm | 2,165 | 3,916 | 3,590 | 3,021 | 4,167 | 1,627 |
| Длина захвата м | L | 8,6 | 14,0 | 10,5 | 10,3 | 15,3 | 7,7 |
| Часовой расход топлива, кг/ч | Qe | 13,93 | 20,43 | 18,56 | 17,90 | 9,32 | 16,84 |
| Стоимость топлива, руб/ч | Ст | 522,09 | 765,72 | 695,63 | 670,89 | 349,14 | 631,63 |
| Удельный расход, кг/кВт | q | 0,235 | 0,241 | 0,214 | 0,218 | 0,215 | 0,233 |
| Производительность, м ³ /ч | W | 64,8 | 80 | 79,0 | 88,0 | 90,0 | 62,0 |
| Выработка, м ³ /ч/м, П= W/ L | П | 7,53 | 5,72 | 7,52 | 8,54 | 5,88 | 8,05 |
| Удельные трудозатраты, чел-ч/м ³ | Tз | 0,132 | 0,175 | 0,133 | 0,117 | 0,170 | 0,124 |
| Стоимость машины, руб. | C _{маш} | 4900000 | 4858000 | 3800000 | 1200000 | 1470000 | 3550000 |

| 2. Каналы глубиной 7,0 м, шириной по дну 1,5 ...10,0 м | | | | | | | |
|--|------------------|--|---|--|---|-------------------------------------|---|
| Показатели | ТС | ZD120 НІТАСНІ (Компания Техстройкон тракт, РФ) | АМ-250 АмффиМастер» (Граффт, РФ) | ZD240 НІТАСНІ (Компания Тех- стройкон тракт, РФ) | Уралец (Гидромаш МК, г. Миасс РФ) | МЗ-11 ООО «Са- пропель» РФ | АМ-140 АмффиМастер» (Граффт, РФ) |
| Удельные затраты на единицу производительности, руб/м ³ | Се | 29,48 | 26,87 | 39,21 | 34,71 | 72,13 | 50,04 |
| Затраты на машинно-час, руб/ч | Со | 1438,72 | 2590,41 | 2858,68 | 2429,59 | 4688,60 | 2501,98 |
| Номинальная мощность, кВт | N ₀ | 66 | 122 | 132 | 243 | 154 | 66 |
| Масса машины, т | М | 16,500 | 34,500 | 38,000 | 9,000 | 40,000 | 20,500 |
| Удельная материалоемкость, т/м ³ /ч | G _m | 2,797 | 5,365 | 9,505 | 2,379 | 11,692 | 4,921 |
| Длина захвата манипулятора с рабочим органом, м | L | 8,270 | 15,0 | 18,250 | 18,5 | 19,0 | 12,0 |
| Часовой расход топлива кг/ч | Q _e | 9,79 | 17,23 | 19,86 | 35,76 | 20,84 | 9,79 |
| Стоимость топлива, руб/ч | Ст | 367,29 | 645,89 | 744,35 | 1340,35 | 781,18 | 367,29 |
| Удельный расход, кг/кВт | q | 0,226 | 0,215 | 0,229 | 0,224 | 0,206 | 0,226 |
| Производительность, м ³ /ч | W | 48,8 | 96,4 | 72,9 | 70,0 | 65,0 | 50,0 |
| Выработка, м ³ /ч/м, П= W/L | П | 5,90 | 6,43 | 3,998 | 3,783 | 3,421 | 4,166 |
| Удельные трудозатраты, чел-ч/м ³ | Тз | 0,169 | 0,155 | 0,250 | 0,264 | 0,585 | 0,240 |
| Стоимость машины, руб. | С _{маш} | 4402000 | 9204000 | 10138000 | 4500000 | 20000000 | 10250000 |

| 3. Каналы глубиной 5,0 м. шириной по дну от 0,4 до 7,0 м | | | | | | | |
|--|------------------|---|--|---|----------------------------------|--|---|
| Показатели | ТС | ZX70 НИТАСНИ (Компания Техстройкон тракт, РФ) | EC220DLR Ком- пания VOLVO, Швеция (г Калуга РФ) | ДА-Г-1,5М (г.Буденовск Ростовская обл. РФ) | ЗРС-М ООО «Сапро- пель» РФ | АМ-80 АмффиМастер» (Граффт, РФ) | Нижегородец- 1М ООО «Сапро- пель» РФ |
| Удельные затраты на единицу производительности, руб/м ³ | Се | 27,85 | 23,27 | 28,82 | 26,19 | 3,36 | 26,38 |
| Затраты на машинно-час, руб/ч | Со | 1752,22 | 2140,41 | 2305,81 | 1309,68 | 2018,68 | 1055,28 |
| Номинальная мощность, кВт | N ₀ | 46 | 123 | 205 | 75 | 69 | 55 |
| Масса машины, т | М | 19,200 | 23,990 | 15,000 | 7,500 | 19,700 | 9,000 |
| Удельная материалоемкость, т/м ³ /ч | G _m | 1,572 | 4,090 | 1,669 | 1,232 | 0,459 | 2,470 |
| Длина захвата, м | L | 8,100 | 15,700 | 8,900 | 8,200 | 14,000 | 11,000 |
| Часовой расход топлива, кг/ч | Q _e | 7,28 | 18,83 | 32,46 | 10,49 | 10,24 | 8,31 |
| Стоимость топлива, руб/ч | С _T | 272,98 | 705,71 | 1216,57 | 393,17 | 383,99 | 311,49 |
| Удельный расход, кг/кВт | q | 0,241 | 0,233 | 0,241 | 0,213 | 0,226 | 0,230 |
| Производительность, м ³ /ч | W | 62,9 | 92,0 | 80,0 | 50,0 | 600,0 | 40,0 |
| Выработка, м ³ /ч/м, П= W/L | П | 7,76 | 5,86 | 8,99 | 6,09 | 42,86 | 3,64 |
| Удельные трудозатраты, чел-ч/м ³ | T _з | 0,128 | 0,171 | 0,223 | 0,328 | 0,047 | 0,549 |
| Стоимость машины, руб. | С _{маш} | 6645000 | 6400000 | 4500000 | 3550000 | 7500000 | 2600000 |

Список использованных источников

1. Бедретдинов Г.Х. Технологии восстановления осушительных каналов с утилизацией растительности и наносов. «Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России. Материалы международной научно-практической конференции Издательство ФГБНУ ВНИИА, 2013. – стр. 125...132.
2. Пунинский В.С. Бедретдинов Г.Х. Совершенствование средств механизации для очистки осушительных каналов. Комплексные мелиорации – основа повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Материалы юбилейной международной научной конференции. - М.: Издательство ФГБНУ ВНИИА, 2014.-310...319
3. Поцкалев А.Ф. Методические рекомендации по разработке прогнозных нормативных показателей для планирования развития сельского хозяйства на долгосрочную перспективу/А.Ф. Поцкалев, В.И. Петранев, И.Д. Олисаева, Т.Н. Макарова/- М.: Издательство НИИПиН, -1981,- 52 с.

УДК 621.879:631.6+519.24

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕНОУКЛАДЧИКА

Ю.Г. Ревин

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

Для оценки качества работы дренажной машины необходима ее математическая модель, обобщенной характеристикой которой является передаточная функция. Аналитическое выражение этой функции может быть сопоставлено с ее эмпирической характеристикой с целью подтверждения адекватности. Статья посвящена описанию методики нахождения этой эмпирической характеристики.

Ключевые слова: Дреноукладчики, качество их работы, количественные показатели качества, передаточная функция дреноукладчика, эмпирическая оценка передаточной функции дреноукладчика

Рассматривая дреноукладчик как динамическую систему, находящуюся под воздействием только одного внешнего возмущения – неровностей трассы, по которой движется машина, считаем, что неровности под каждой из гусениц дреноукладчика идентичны, т.е. машина при работе совершает колебательные движения только в вертикальной продольной плоскости.

В качестве исходного экспериментального материала в статье используются результаты замеров вертикальных координат продольных профилей поверхности трассы, по которой во время устройства дренажа передвигался дреноукладчик ЭТЦ-202, и поверхности дна проложенной им траншеи. Эти данные получены научными сотрудниками ВНИИГиМ при контрольных испытаниях машины и приведены в [1].

Рассматривая дреноукладчик вместе с системой автоматического управления землеройным рабочим органом по высоте как одну единую систему, имеем для дальнейшего анализа схему вида «вход – выход», где входным процессом будут неровности поверхности трассы Z , а выходным – неровности поверхности дна траншеи Y . Каждый из этих процессов, в дальнейшем, представляется в виде матрицы-столбца.

Тогда в соответствии с [2], например, можно записать

$$W(i \cdot \omega) = S_{ZY}(i \cdot \omega) / S_Z(\omega), \quad (1)$$

где $W(i \cdot \omega)$ – частотная характеристика дреноукладчика; $S_{ZY}(i \cdot \omega)$ – взаимная спектральная плотность процессов на входе и выходе; $S_Z(\omega)$ – спектральная плотность входного процесса.

Спектральная плотность неровностей поверхности трассы определяют по соотношению:

$$S_Z(\omega) = \sum_{j=0}^{m-1} K_Z(j) \cdot B(j) \cdot \cos(\omega \cdot j), \quad (2)$$

где $K_Z(j)$ – нормированная эмпирическая корреляционная функция неровностей поверхности трассы; $B(j)$ – корреляционное окно Бартлетта, предназначенное для сглаживания получаемой выборочной оценки нормированной спектральной плотности $S_Z(\omega)$; $B(j) = (1-j/m)$; m – количество точек эмпирической корреляционной функции.

Корреляционная функция вычисляется по формуле:

$$K_Z(j) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1-j} Z_i \cdot Z_{i+j}}{(N-1) \cdot D_z}, \quad (3)$$

где Z_i и Z_{i+j} – высотные координаты неровностей продольного профиля трассы. Отсчеты взяты через определенный и постоянный для конкретного профиля шаг (для данных, используемых в статье, этот шаг равен 2 м), см; N – число точек отсчета; i – текущая точка отсчета, ($i = 0, 1, \dots, N-m-1$); j – сдвиг по продольной горизонтальной оси ($j = 0, 1, 2, \dots, m$); D_z – дисперсия неровностей трассы, см².

Взаимная спектральная плотность оценивается по формуле:

$$S_{ZY}(i \cdot \omega) = S'_{ZY}(\omega) + i \cdot S''_{ZY}(\omega), \quad (4)$$

где $S'_{ZY}(\omega)$ – действительная часть взаимной спектральной плотности; $S''_{ZY}(\omega)$ – мнимая часть взаимной спектральной плотности.

$$S'_{ZY}(\omega) = \sum_{j=0}^{m-1} K_{ZY}(j) \cdot B(j) \cdot \cos(\omega \cdot j), \quad (5)$$

$$S''_{ZY}(\omega) = \sum_{j=0}^{m-1} K_{ZY}(j) \cdot B(j) \cdot \sin(\omega \cdot j). \quad (6)$$

Здесь
$$K_{ZY}(j) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1-j} Z_i \cdot Y_{i+j}}{(N-1) \cdot \sqrt{D_z \cdot D_Y}}, \quad (7)$$

где Y – матрица-столбец отсчетов неровностей поверхности дна траншеи, см; D_Y – дисперсия переменной Y (неровностей продольного профиля дна траншеи), см².

На рисунке 1 приведены графики нормированных эмпирических корреляционных функций входных Z и выходных Y неровностей. Анализ этих графиков показывает, что неровности трассы представляют собой сумму неровностей разной длины и амплитуды с большим удельным весом длинных неровностей (25...40 м и больше).

Неровности дна имеют, в значительной степени, измененную структуру. Это результат трансформации входных неровностей дреноукладчиком. Так, к длинным неровностям порядка 25...40 м добавляются неровности, длина которых равна, примерно, удвоенной длине дреноукладочной машины ($2 \cdot 7 = 14$ м). Кроме того, появляются неровности, кратные 4...5 м и 1.5...2.0 м.

Для получения амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) дреноукладчика необходимо вычислить модуль функции $W(i \cdot \omega)$, т.е.

$$A(\omega) = |W(i \cdot \omega)| = \frac{\sqrt{[S'_{ZH}(\omega)]^2 + [S''_{ZH}(\omega)]^2} \cdot \sqrt{D_Z \cdot D_Y}}{S_Z(\omega) \cdot D_Z}, \quad (8)$$

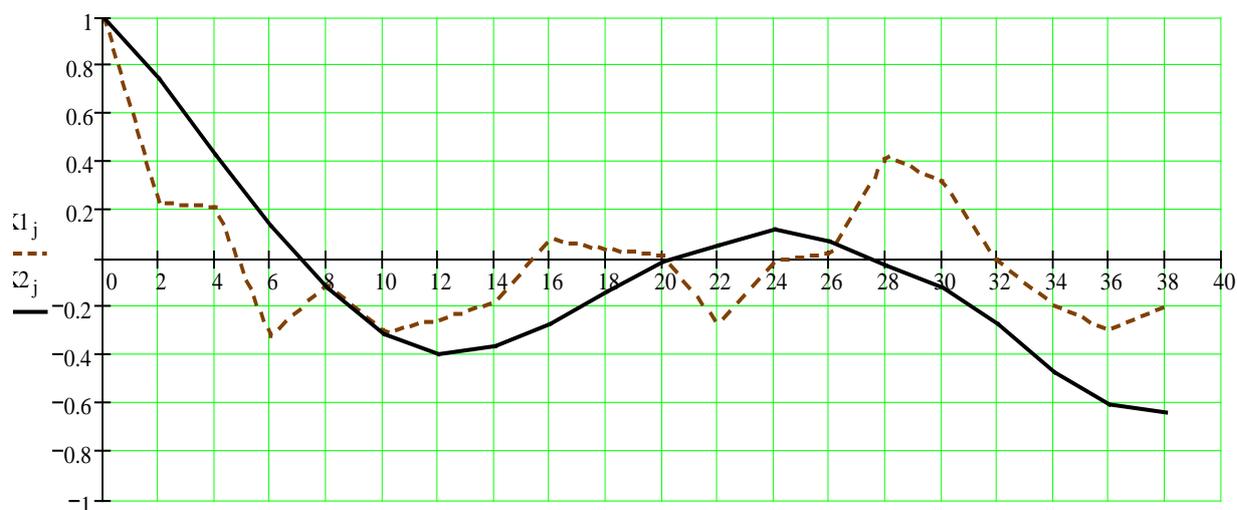


Рисунок 1 - Графики нормированных корреляционных функций $K_Z(j)$ (неровности продольного профиля поверхности трассы, сплошная линия) и $K_Y(j)$ (неровности продольного профиля поверхности дна траншеи, пунктирная линия).

По оси абсцисс отложены горизонтальные координаты в метрах

График функции $A(\omega)$, представленный на рисунке 2 (сплошная линия), свидетельствует о том, что наибольшее относительное усиление динамическая система (дреноукладчик) создает для колебаний с волновой частотой $\omega_1 \approx 0,15 \dots 0,5 \text{ м}^{-1}$ (это соответствует длинам неровностей 40...12 м). Второй диапазон усиления АЧХ приходится на $\omega_2 \approx 1,2 \dots 2,0 \text{ м}^{-1}$ (это соответствует длинам неровностей 6...3 м). Третий – $\omega_3 \approx 2,5 \dots 3,7 \text{ м}^{-1}$, что соответствует 2...1,5 м. Усиление для третьего диапазона частот примерно в два раза больше, чем для второго.

Сравним АЧХ $A(\omega)$, полученную по результатам статистической обработки с использованием взаимного спектра, с теоретически вычисленной $A_3(\omega)$. При этом будем осуществлять анализ динамической системы (дреноукладчик) для режима работы, получившего название «работа от дна».

Аналитическое выражение передаточной функции дреноукладчика, в таком случае, может быть представлено в виде:

$$P_{op}^A(s) = \frac{P_{op}(s)}{1 + P_A(s)}, \quad (9)$$

где $P_{op}(s)$ – передаточная функция дреноукладчика без системы автоматического регулирования уклоном (САРУ); $P_A(s)$ – передаточная функция разомкнутой САРУ.

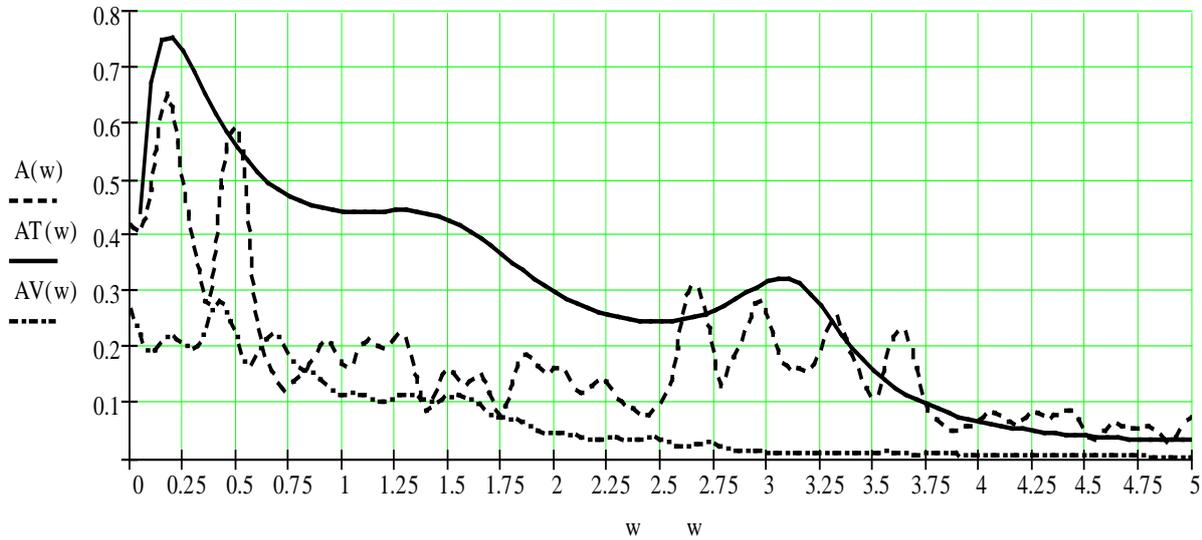


Рисунок 2 - Графики амплитудно-частотных характеристик, полученные при помощи статистической обработки данных измерений с использованием взаимной спектральной плотности $A(\omega)$ (пунктирная линия), теоретическая $AT(\omega)$ (сплошная), и без использования эмпирической спектральной плотности $AV(\omega)$ (штрихпунктирная линия)

Передаточная функция дреноукладчика без системы автоматического регулирования

$$P_{op}(s) = \frac{X}{(X - t)^2 \cdot s^2 + k \cdot (L - c) \cdot s + X}, \quad (10)$$

где L – длина гусеничной базы дреноукладчика, м; X – расстояние по горизонтали от передней (натяжной) звездочки гусеницы до точки подвеса землеройного рабочего органа, м; c – расстояние по горизонтали от передней звездочки гусеницы до центра давления, м; t – горизонтальная координата центра тяжести дреноукладчика, м; k – поправочный коэффициент.

Передаточная функция разомкнутой системы автоматического регулирования землеройным рабочим органом по высоте

$$P_A(s) = \frac{k_a \cdot e^{-\tau \cdot s}}{(T \cdot s + 1) \cdot s}, \quad (11)$$

где k_a – обобщенный коэффициент усиления САРУ, c^{-1} .

$$k_a = \frac{k_1}{1 + \alpha \cdot k_1 / k_2} \cdot k_3 \quad (12)$$

Здесь k_1 – коэффициент усиления по скорости системы «золотник-цилиндр», c^{-1} ; k_2 – коэффициент усиления по усилию системы «золотник-цилиндр», H/m^2 ; k_3 –

коэффициент усиления, вычисляемый по соотношению длин перемещения штока цилиндра и днообразующей кромки землеройного рабочего органа.

Коэффициент усиления по скорости равен частному от деления коэффициента по расходу k_Q на суммарную площадь поперечных сечений двух цилиндров подъема-поворота землеройного рабочего органа. Приняв суммарные утечки в золотнике и цилиндрах равными $600 \text{ см}^3/\text{мин}$, будем иметь $k_1 \approx 0,01 \dots 0,03$.

Коэффициент усиления по усилию равен произведению коэффициента по давлению k_p на суммарную площадь поперечных сечений двух цилиндров подъема-поворота землеройного рабочего органа. При величине $k_p = 500 \dots 600 \text{ Н/см}^3$ имеем $k_2 \approx 2,5 \cdot 10^5 \text{ Н/см}$. Соотношение между двумя коэффициентами усиления k_1 и k_2 дает основание утверждать, что знаменатель в формуле 12 примерно равен единице.

Коэффициент k_3 можно принять равным $0,7 \dots 1,5$.

Значение времени запаздывания и разгона τ в режимах заглубления и выглубления примем для расчетов по рекомендациям [3] равным $0,19 \dots 0,25 \text{ с}$.

Величина постоянной времени может быть принята также по данным [3], а именно, $T \approx 0,1 \text{ с}$. Значения этих постоянных получены экспериментально.

На рисунке 2 приведен график амплитудно-частотной характеристики, построенной в соответствии с формулой 9 (сплошная линия). Характер этого графика свидетельствует о довольно хорошем совпадении теории и эксперимента. Действительно, при реальной прокладке дренажной траншеи несколько (незначительно) снижаются амплитуды неровностей трассы, имеющих большую длину (на $30 \dots 40 \%$), то же наблюдается и для теоретической АЧХ.

Неровности длиной $4 \dots 6 \text{ м}$ сглаживаются значительно интенсивнее. В этом случае имеются расхождения между теорией и практикой. Для теоретической АЧХ снижение прогнозируется на 60% , а практика показывает снижение примерно на $70 \dots 80 \%$.

В спектре неровностей дна траншеи наблюдаются неровности длиной $2 \dots 3 \text{ м}$, которые сглаживаются эффективнее всего. Теория говорит о снижении амплитуд на 70% , а практика даёт цифру 75% .

Для сравнения на рисунке 2 приведен график еще одной АЧХ, полученной по формуле

$$A_2(\omega) = \sqrt{\frac{S_Y(\omega) \cdot D_Y}{S_Z(\omega) \cdot D_Z}}, \quad (13)$$

где $S_Y(\omega)$ – нормированная спектральная плотность неровностей продольного профиля дна траншеи, м.

Расхождение этого графика с двумя другими значительно более существенно, что не дает основание применять формулу (13) в расчетах.

Выводы

1. Статистический метод оценки частотной характеристики дреноукладчика с целью получения в дальнейшем уточненной его теоретической модели вполне приемлем и прозрачен.

2. Амплитудно-частотная характеристика дреноукладчика, полученная в результате обработки неровностей трассы и дна траншеи, отличается от теоретической наличием так называемых флуктуаций, которые могут рассматриваться как шум.

Список использованных источников

1. Материалы контрольных испытаний дреноукладчика ЭТЦ-202 на территории совхоза «Ильичевский» Багратионовского района Калининградской области. Том 2. Продольные профили дрен. Калининград, 1988 г.
2. Бендат Дж., Пирсол А. Применения корреляционного и спектрального анализа. М., Мир, 1983 г., 312 с.
3. Лазерная техника в мелиоративном строительстве. А.Н. Ефремов, А.К. Камальдинов, А.И. Мармалев, В.Г. Самородов. – М.: Агропромиздат, 1989 г., 223 с.
Льюис Э., Стерн Х. Гидравлические системы управления. М., Мир, 1966 г., 401 с.

УДК 631.311.5

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РЫХЛЕНИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО РЫХЛИТЕЛЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Н.К. Теловов

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

В статье рассмотрены вопросы совершенствования рабочего органа, обладающего оптимальной конструкцией глубокорыхлителя и возможности адаптации к внешним условиям и видам выполняемых работ. Предложен один из путей снижения тягового сопротивления в процессе работы глубокорыхлителя.

Ключевые слова: глубокорыхлитель; почва, определение плотности грунта; тяговые сопротивления.

В результате многочисленных исследований по разработке технологий возделывания пропашных культур в 1980-1985 гг. были апробированы, испытаны, опубликованы материалы по технологиям и комплексам машин и к 1991 году уже внедрялись на большинстве площадей [1, 2].

Внедрение шло как через систему изучения передового опыта (НОТы, НОПТ, школы повышения кадров Минсельхоза, Минводхоза), так и по линии Министерств, а также участия НИИ, учебных ВУЗов и Научно-производственных, производственных систем.

По ряду причин с 1991 г. снизились объёмы обрабатываемых площадей, также уменьшилась востребованность в отечественных сельскохозяйственных научных разработках, упало потребление новой техники и технологий.

В настоящее время существующие и перспективные технологии возделывания пропашных, зерновых сельскохозяйственных культур на пахотных и старопахотных землях должны обязательно включать в себя мероприятия по мелиоративным и культуртехническим работам.

К основным работам относятся:

- срезка кустарника и мелкоколосья;
- уборка срезанного кустарника и древесных остатков;
- запашка кустарника, фрезерование, уничтожение кочек;
- очистка от камня, первичная обработка почвы и планирование;
- обработка почвы глубокорыхлителями.

После многократных проходов мелиоративных машин ряд авторов указывает на значительное уплотнение подпочвенного слоя, то есть образование «плужной подошвы», которую необходимо ликвидировать. Для разрушения уплотненного слоя применяют глубокорыхлители.

В ФГБОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева на кафедре «Машины и оборудование природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях» разработан глубокорыхлитель с криволинейной ступенчатой поверхностью режущей части. Получен патент № 2150183 (рис. 1).

Изготовленный макетный образец прошел испытания в динамометрическом лотке, по которым выяснено, что: уменьшилось сопротивление перемещению по сравнению с аналогом на 21 %; улучшилась равномерность глубины обработки на 10 %. Для оценки работы глубокорыхлителя планируется проведение испытаний с рабочим органом в натуральную величину, которые наиболее полно определят энергетические характеристики с одновременным выяснением показателей качества работы.

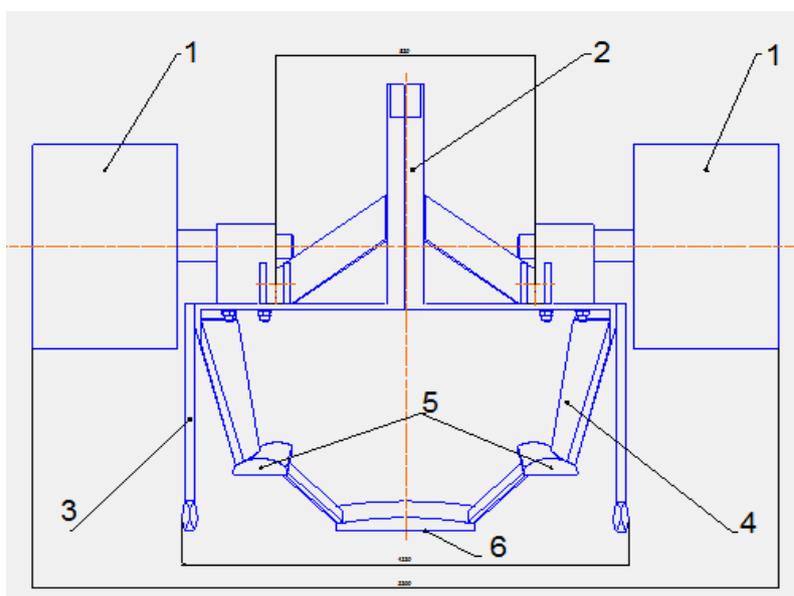


Рисунок 1 - Двухступенчатый глубокорыхлитель спереди:

- 1 - опорные колеса; 2 - прицепное устройство; 3 - боковые стойки переднего ряда;
4 - стойки второго ряда; 5 - верхний лемех; 6 - нижний лемех

Некоторыми показателями качества работы глубокорыхлителя являются гребнистость и вспученность почвы при его движении. Величина гребнистости определяется разностью высот между дном впадины и вершинами соседних с ней гребней. Для определения гребнистости применяют линейки. Замер гребнистости производится установкой одной из линеек на два соседних гребня, а вторую ставят вертикально на дно впадины (рис. 2). Деления на вертикальной линейке, находящиеся против нижней кромки горизонтальной, покажут величину гребнистости.

Допустимые погрешности измерения равны 1 см. Количество замеров не менее 20. При обработке данных определяют среднюю гребнистость почвы (h_{cp}) по формуле:

$$h_{cp} = (h_1 + h_2 + \dots + h_n) / n, \text{ см}, \quad (1)$$

где h_1, h_2, h_n - результаты замеров высоты гребней, см; n - количество замеров.

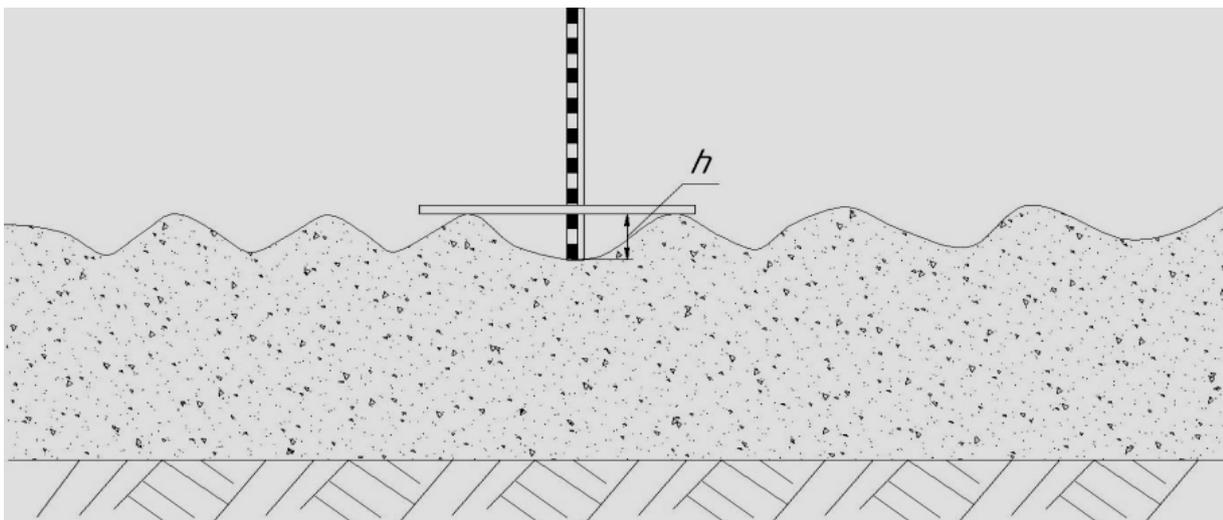


Рисунок 2 - Замер неровностей поверхности гребней

Метод определения глубины обработки применяется тот же что и при культивации, дисковании, лушении дисковыми луцильниками, рыхлении игольчатыми боронами, безотвальной и плоскорезной обработке культиваторами – плоскорезами, а также обработкой серийными глубокорыхлителями.

Сущность метода состоит в определении расстояния от поверхности поля до необработанного слоя. Для замера глубины применяют трость агронома, линейки, щуп и др. Инструмент вводят в почву вертикально до необработанного слоя, слегка разровняв почву (рис. 3).

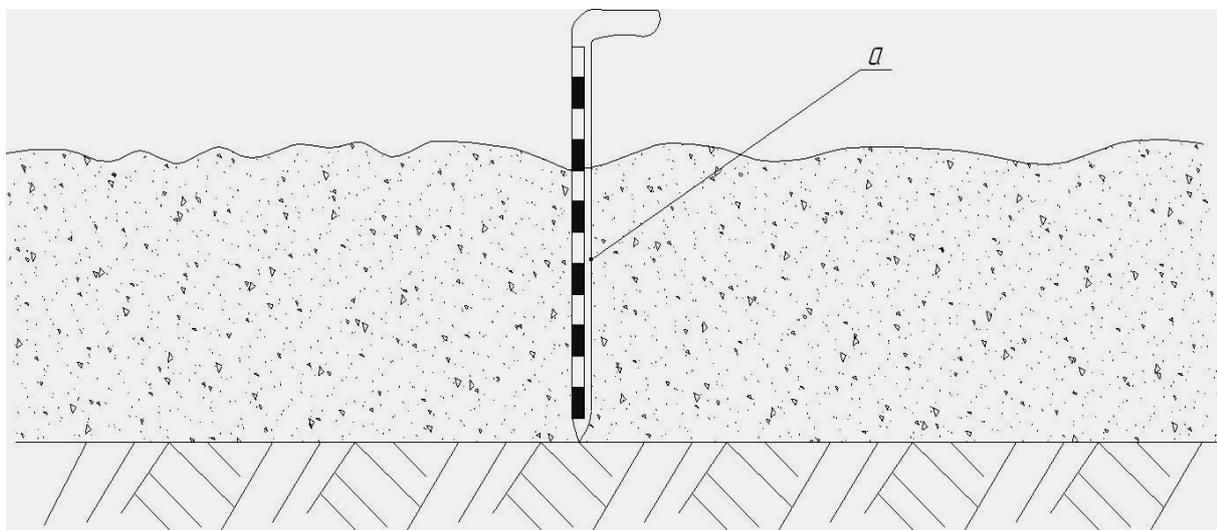


Рисунок 3 - Глубиномер почвы

Точность измерения 1 см. Количество замеров не менее 20. При обработке данных определяют:

а) отклонение средней глубины обработки от заданной по агротехническим требованиям (Δa) по формуле

$$\Delta a = a_{cp} - a_z, \text{ см}, \quad (2)$$

где a_{cp} , a_z - средняя по результатам замера и заданная в агротребованиях глубина обработки, см

б) при плоскорезной и безотвальной обработке культиваторами - плоскорезами дополнительно определяют среднюю неравномерность глубины обработки (ΔH) по формуле

$$\Delta H = (a_{max} - a_{min}) / a_{cp} * 100, \% \quad (3)$$

где a_{max} ; a_{min} - максимальный и минимальный результаты замера глубины обработки, см.

Метод определения огрехов при обработке культиваторами – плоскорезами и глубокорыхлителями.

Сущность метода состоит в измерении расстояния между следами стоек двух соседних проходов. Для замера применяют рулетку. Замеряют расстояние между серединами следов стоек при смежных проходах агрегата (рис. 4). На одном отрезке делают по 3 замера с расстоянием между замерами 10 см.

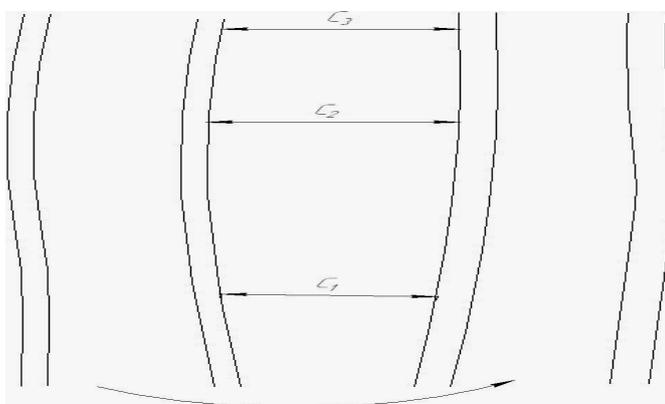


Рисунок 4 - Схема к определению среднего расстояния между следами двух стоек

Количество замеров не менее 20. Точность измерения 1 см. При обработке данных определяют отклонение среднего расстояния между двумя проходами от заданного в агротребованиях (ΔC) по формуле:

$$\Delta C = C_{cp} - C_z, \text{ см}, \quad (4)$$

где C_{cp} ; C_z - среднее по результатам замеров и заданное в агротребованиях расстояние между проходами агрегата, см.

Список использованных источников

1. Ю.К. Киртбая, В.П. Юферев. Качество весенне-полевых работ – надежную основу. Журнал сельское хозяйство России № 4, 1977 г.
2. В.П. Юферев и др. Почвообрабатывающее орудие. Авторское свидетельство 1697599 от 15.08.91 г.
3. В.Я. Черненко, Ш.И. Брусиловский. Глубокое рыхление осушаемых тяжелых почв. Москва, Колос. 1983 г. – 63 с.

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ КУКУРУЗЫ В РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЯХ

В.А Шевченко¹, А.М. Соловьев²

¹ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»;

² ФГОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Современные агротехнологии представляют собой комплексы технологических операций по управлению продукционным процессом выращивания сельскохозяйственных культур с целью достижения планируемой урожайности и качества продукции, при обеспечении экологической безопасности и определенной экономической эффективности. Агротехнологии связаны в единую систему управления через севообороты, системы обработки почвы, удобрения и защиты растений, т.е. являются составной частью адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Они имеют индивидуальное значение, определяемое, прежде всего, особенностями сорта или гибрида, поскольку каждому из них соответствует определенная система управления продукционным процессом, и структурная модель агроценоза [1].

Методология формирования агротехнологий заключается в последовательном преодолении факторов, лимитирующих урожайность культуры и качество продукции, путем управляемого воздействия на посеvy. Количество и качество этих воздействий зависят от сложности экологической обстановки и уровня планируемой урожайности.

По фактору интенсивности управляемого воздействия на количество и качество урожая различают четыре категории агротехнологий [2].

Экстенсивные технологии, ориентированные на использование естественного плодородия почв, без применения удобрений и других химических средств, или с очень ограниченным их использованием.

Нормальные технологии, обеспеченные минеральными удобрениями и пестицидами в том минимуме, который позволяет осваивать почвозащитные системы земледелия, поддерживать средний уровень окультуренности почв и исключать дефицит элементов минерального питания, находящихся в критическом минимуме.

Интенсивные технологии, рассчитанные на получение планируемого урожая и качества, обеспечивающие оптимальное минеральное питание растений и защиту от вредителей и болезней. Эти технологии предполагают применение интенсивных сортов и гибридов и создание условий для более полной реализации их биологического потенциала.

Высокие технологии, рассчитанные на получение урожайности культуры, близкой к ее биологическому потенциалу с заданным качеством продукции, с помощью современных достижений научно-технического прогресса, при минимальных экологических рисках. Они относятся к категории точного земледелия с использованием прецизионной техники, современных препаратов, информационных технологий. Создаются для особых сортов и гибридов растений с высоким генетическим потенциалом продуктивности, который реализуется точным регулированием продукционного процесса по микропериодам органогенеза различными средствами.

При высокой агротехнологии ставится задача последовательной оптимизации всех регулируемых лимитирующих факторов, максимально возможного использования влаги, тепла, ФАР и генетического потенциала сортов и гибридов растений. Любое нарушение продукционного процесса вследствие природных катаклизмов или технологических ошибок, может резко снизить эффективность агротехнологий. Очевидно, что ориентироваться на максимальную интенсификацию технологий целесообразно в относительно благополучных природных условиях, в районах с достаточной влагообеспеченностью, минимальной вероятностью стрессовых ситуаций (засуха и пр.), при высоком профессионализме исполнителей, вооруженных последними достижениями научно-технического прогресса [3].

При наличии сортов и гибридов интенсивного типа и агрохимических ресурсов, необходимых для оптимального питания растений и интегрированной защиты от вредных организмов, практикуются интенсивные технологии с постоянной технологической колеей для ухода за посевами. Уровень и качество урожая планируются в них исходя из нормативов влагопотребления и других достаточно высоких показателей, реально достигнутых в передовых хозяйствах региона. Для выполнения этих технологий требуется высокая профессиональная подготовленность технологов, так как ошибки и необоснованные сокращения технологических операций сводят на нет все усилия и затраты.

Если обеспеченность ресурсами не достаточна или не позволяют условия влагообеспеченности, следует ориентироваться на нормальные агротехнологии, выполняемые с учетом защиты почв от эрозии. В этом случае используются пластичные сорта и гибриды растений, агрохимические средства для компенсации острого дефицита элементов питания, для устранения повышенной кислотности, солонцеватости почв и защиты растений от вредных организмов. Данная технология отвечает среднему уровню агрономической культуры.

На основании многолетних исследований нами изучены основные процессы, которые влияют на урожайность сельскохозяйственных культур при возделывании их в агротехнологиях различной степени интенсификации [4, 5].

По характеру воздействия все процессы можно разделить на 4 группы:

1. Почвенно-ландшафтные условия и их оценочная основа;
2. Технологические параметры, в которые входят место в севообороте, а также система удобрений, обработка почвы, семеноводство и защита растений от вредных организмов;
3. Техническая оснащенность и профессиональный уровень при выполнении основных технологических операций. Сюда входит оснащенность хозяйства техникой, профессионально подготовленными механизаторами и инженерно-техническими кадрами;
4. Экономические и экологические риски при возделывании сельскохозяйственных культур по различным агротехнологиям.

В условиях научно-технического прогресса следует использовать наукоемкие агротехнологии с точным выполнением технологических операций, поскольку именно они позволяют в полной мере управлять качеством продукции.

Это можно осуществить при условии применения интенсивных и высоких агротехнологий, которые учитывают соблюдение как биологических требований при возделывании сельскохозяйственных культур, так и сохранение экологической ситуации в регионе. Данные агротехнологии базируются на использовании новейших научно-технических достижений, применении высокоэффективных орудий и сель-

скохозяйственных машин, агрохимикатов нового поколения, а также на строгом соблюдении технологической дисциплины за счет высокого профессионализма специалистов и механизаторов.

Экстенсивные агротехнологии, которые все еще применяются в нашей стране, основаны на минимальных затратах материально-денежных средств и на максимальном использовании природных ресурсов. При этом чрезмерно малая продуктивность пашни объясняется низким уровнем естественного плодородия почвы и слабой эффективностью факторов продуктивного процесса.

Исследования по изучению влияния различных агротехнологий на продуктивность зерностержневой смеси кукурузы проводили в полевом зернопропашном севообороте на испытательном участке ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора» Конаковского района Тверской области. Почва на испытательном участке дерново-среднеподзолистая, легкосуглинистая по гранулометрическому составу, хорошо окультурена. Мощность пахотного слоя 20...22 см; содержание в почве гумуса 1,62...1,78 %; легкогидролизуемого азота 72...78 мг; P₂O₅ 155...182 мг; K₂O 93...104 мг на 1 кг почвы; pH сол. 5,8...5,9.

В качестве объекта исследований использовали раннеспелый гибрид ПР39Бх29 с числом ФАО 100 ед. Норма высева семян кукурузы – 80 тыс. растений на га. Удобрения вносили в дозе N₉₀P₆₀K₆₀.

В результате проведенных исследований установлено влияние основных факторов на формирование урожая кукурузы (табл. 1).

Таблица 1 - Влияние основных факторов на формирование урожая зерностержневой смеси кукурузы, %

| Факторы | Типы агротехнологий | | | | НСР ₀₅ |
|-----------------------------|---------------------|------------|-------------|---------|-------------------|
| | экстенсивные | нормальные | интенсивные | высокие | |
| 1. Естественное плодородие | 40 | 26 | 13 | 6 | 2,4...3,3 |
| 2. Погодные условия | 20 | 14 | 12 | 10 | 1,7...2,0 |
| 3. Обработка почвы | 19 | 18 | 7 | 5 | 1,1...1,3 |
| 4. Удобрения | 6 | 11 | 24 | 29 | 1,3...1,5 |
| 5. Сорт или гибрид | 5 | 14 | 19 | 21 | 1,2...1,4 |
| 6. Севооборот | 3 | 4 | 5 | 5 | 0,4...0,6 |
| 7. Защита растений | 2 | 7 | 12 | 15 | 0,7...0,9 |
| 8. Техническая оснащенность | 5 | 6 | 8 | 9 | 0,6...0,8 |
| 9. Урожайность, ц/га | 81 | 154 | 322 | 390 | 7,3...22,4 |

Примечание. Урожайность приведена при влажности силосуемой массы 62...68 %

Результаты показывают (табл. 1), что по мере интенсификации агротехнологий, влияние основных факторов на формирование урожая в условиях северо-западной части Нечерноземной зоны значительно изменяется. Так при переходе на интенсивные и высокие агротехнологии наибольший рост урожайности кукурузы обеспечивают удобрения, гибридный материал и интегрированная система защиты растений от вредителей, болезней и сорняков. В тоже время, возрастает роль севооборота и уровня технической оснащенности хозяйства в управлении продукционным процессом посевов. При переходе на более энергоемкие агротехнологии в два

раза снижается роль погодных условий и системы обработки почвы. Переход на интенсивную агротехнологию повышает урожайность кукурузы в 4 раза, а на высокую – в 4,8 раза по сравнению с экстенсивной технологией.

Список использованных источников

1. Матюк Н.С. Урожайность культур и плодородие почвы в зависимости от её обработки и удобрения / Н.С. Матюк, В.Д. Полин, Е.Д. Абражкина, В.А. Шевченко, Зоде Осама // Плодородие. 2008. № 1. С. 38-40.
2. Матюк Н.С. Принципы ресурсосберегающей обработки почвы в современной системе земледелия / Н.С. Матюк, В.А. Шевченко //Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2003. № 7. С. 2
3. Наумкин В.Н. Инновационные технологии в аграрном производстве: монография / В.Н. Наумкин, А.М. Хлопяников, Л.С. Числова, А.Ф. Дорофеев, Л.А. Наумкина, В.А. Шевченко, В.А. Стебаков, Н.А. Лопачев, Н.Н. Лысенко, П.В. Скотников, Н.А. Сидельникова, В.А. Сергеева, Г.В. Хлопяникова, А.В. Наумкин, В.Ю. Басов, А.Н. Крюков, А.В.Зверев. Белгород, Издательство Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2010, 342 с.
4. Шевченко В.А. Продуктивность смешанных посевов зерновых и бобовых культур в зависимости от доли их семян в норме высева В.А. Шевченко, П.Н. Просвирик /Кормопроизводство. 2012. № 4. С. 13-15.
5. Новиков С.А. Экономическая целесообразность возделывания программируемых урожаев яровой тритикале и пелюшки в чистых и смешанных посевах в условиях верхневолжья / С.А. Новиков, В.А. Шевченко // Кормопроизводство. 2014. № 1. С. 7-12.

УДК 621.6.052

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПНЕВМОВАКУУМНОЙ (ЭРЛИФТНОЙ) НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

А.А. Яковлев, Е.С. Саркынов, Е.Т. Кайпбаев

Казахский национальный аграрный университет, город Алматы, Казахстан

В статье рассмотрены направления исследований подъема воды из скважин и обоснование конструктивно-технологической схемы пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки.

Ключевые слова: пневмовакуумная (эрлифтная) насосная установка, эжектор, аэрация, водоподъем, водовоздушная смесь, сжатый воздух.

В Казахском национальном аграрном университете проводится исследование на основании грантового проекта и темы докторской диссертации по повышению эффективности водоснабжения из подземных водоисточников и разработке нового типа пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки для подъема воды с использованием ресурсосберегающей технологии повышающей качество поднимаемой воды.

Существуют преимущественно четыре направления исследований по типу используемого водоподъемного оборудования для механизации подъема воды из подземных водоисточников. Каждое направление имеет свои достоинства и недостатки: первое направление – центробежные (погружные) насосы имеют большой типоразмерный ряд по напору и диаметру, позволяющие покрывать все высоты водоподъема скважин, могут использоваться круглогодично, однако, применение их ограничено по минерализации воды (до 2 г/дм³) и по содержанию в воде твердых частиц (песка) – до 0,02 % по массе; второе направление – шнуровые и ленточные водоподъемники просты по конструкции, могут использоваться при более повышен-

ной минерализации воды (до 5 г/дм³) и содержание песка в воде до 0,5 % массы, однако их применение ограничено сезонностью использования (летние и весенне-осенние периоды), высотой водоподъема (до 20 ... 50 м) и внутренним диаметром водоисточника (от 150 мм и более), кроме того они являются безнапорными, поэтому не могут транспортировать поднятую воду на определенное расстояние от водоисточника; третье направление – воздушные водоподъемники (эрлифты) имеют высокую надежность и простоту конструкции насосной части, могут применяться круглогодично при повышенной минерализации воды (до 15 г/дм³) и содержанием в воде твердых частиц (до 1% по массе), при малых диаметрах водоисточников (116 мм и более) и искривленных обсадных трубах скважин, однако ограничено их применение необходимостью погружения насосной части под рабочий уровень воды, равный высоте водоподъема и более, требуя большой расход труб и высокие эксплуатационные затраты, четвертое направление – ветроводоподъемники, основное их достоинство – использование для привода насоса энергии ветра, однако ограничено их применение по скорости ветра (до 3 м/с), при ветровом затишье более суток необходим резервный двигатель для привода насоса, малая высота водоподъема (до 20 м), большая металлоемкость, ограничено их применение в водоисточниках с повышенным содержанием твердых частиц (более 0,1 % по массе).

Предлагается новое направление исследований подъема воды из подземных водоисточников – эрлифтом нового типа с использованием эрлифтно-вакуумного способа водоподъема, сохраняющим все достоинства аналога и устраняющим его недостатки.

Обоснование конструктивно-технологической схемы пневмовакuumной (эрлифтной) насосной установки выполнено на основании материалов обзора работ, патентных исследований, анализа существующих принципиальных схем насосной части эрлифта, предложенных авторами новых технических решений [1,2,3] и принятого направления исследования. Конструктивно-технологическая схема должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- выполнение технологического процесса по новому эрлифтно-вакуумному способу водоподъема, сохраняющему все достоинства эрлифтного способа (аналога) и устраняющему основной его технологический недостаток – заглубление насосной части под динамический уровень воды в скважине, равной высоте водоподъема или более;

- использование для технологического процесса водоподъема эффектов создаваемого вакуума на входе и выходе водоподъемного трубопровода насосной части;

- улучшение пусковой характеристики (снижение давления сжатого воздуха при пуске в работу) насосной установки;

- улучшение качества подаваемого сжатого воздуха для подъема воды;

- улучшение качества поднимаемой воды из подземного водоисточника методом аэрации;

- возможность транспортирования воды после ее подъема из водоисточника к потребителю, удаленному от водоисточника;

- применение наиболее прогрессивных направлений технических решений исполнительных узлов для выполнения основных процессов: снижения пускового давления сжатого воздуха – тарельчатый подпружиненный обратный клапан всасывающей трубы; создаваемого вакуума в водоподъемном трубопроводе – низконапорный эжектор; улучшение качества поднимаемой воды – эжекторный диффузор;

транспортирование поднятой воды – сосуд вытеснения; улучшение качества подаваемого сжатого воздуха – потоконаправленный дисковый влагомаслоотделитель;

- простота технических решений основных узлов и достаточность их надежности.

На основании принятых требований разработана конструктивно-технологическая схема нового типа пневмовакuumной (эрлифтной) насосной установки, которая дана на рисунке 1, без компрессорно-силового агрегата.

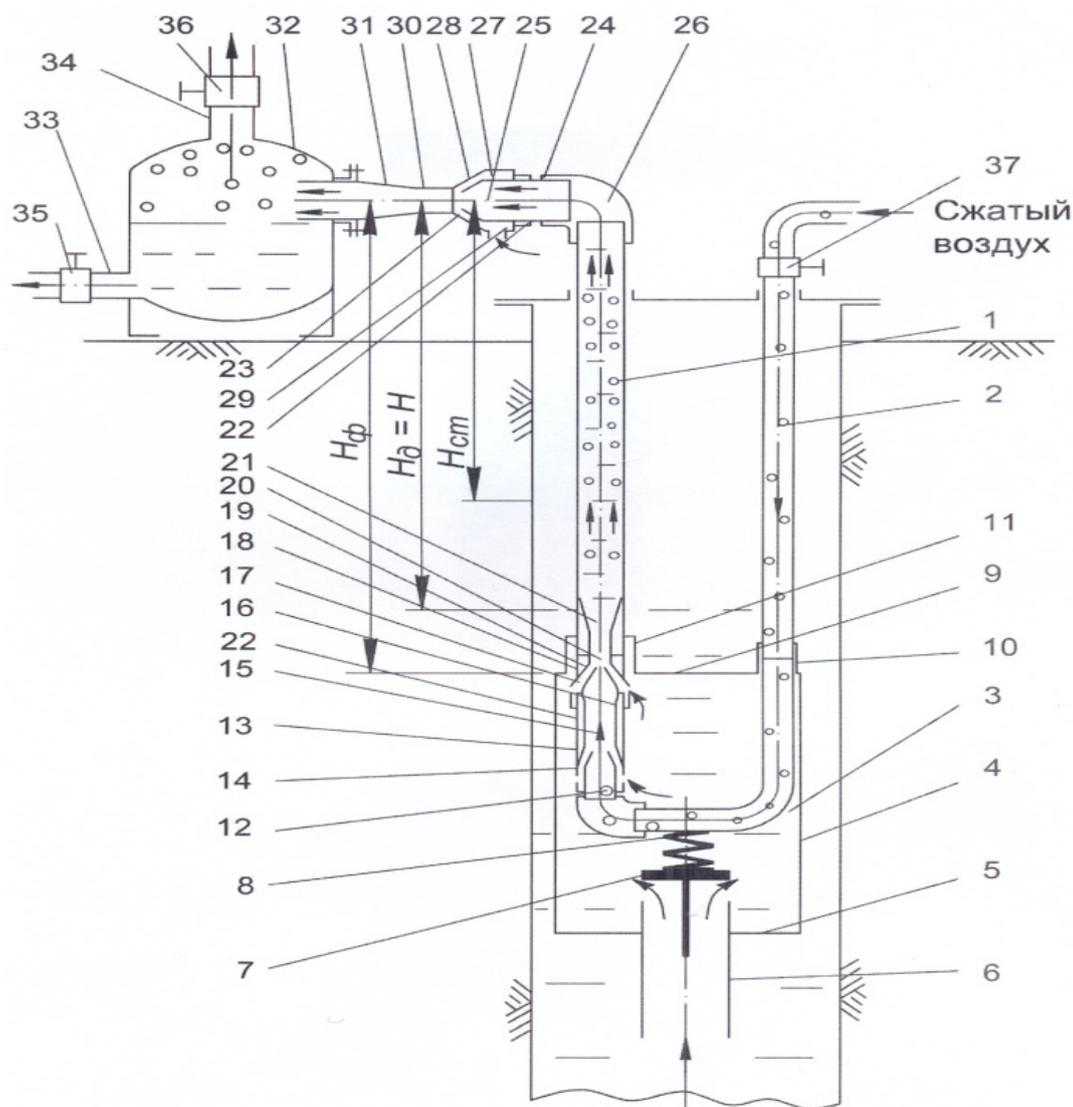


Рисунок 1 - Конструктивно-технологическая схема нового типа пневмовакuumной (эрлифтной) насосной установки:

1, 2 – водоподъемная и воздухопроводная трубы; 3 – форсунка; 4 – корпус-труба; 5 – днище; 6 – труба всасывающая; 7 – обратный клапан; 8 – пружина; 9 – крышка; 10, 11 – патрубки; 12, 17, 25 – активные сопла; 13 – дополнительное пассивно-активное сопло; 14, 19 – конфузоры; 15, 20, 30 – смесительные камеры; 16, 21, 31 – диффузоры; 18, 28 – сопла пассивные; 22 – резьбовое соединение; 23 – эжектор; 24 – падающий патрубок; 26 – угольник; 27 – всасывающий патрубок; 29 – отвод; 32 – водовоздухоприёмная ёмкость; 33, 34 – патрубки водоотводный и воздухосбросной; 35, 36, 37 – вентили; $H_ф$ – глубина погружения форсунки; H , $H_д$ – высота водоподъема, динамический уровень; $H_{ст}$ – статический уровень воды с скважине

Насосная установка (рис. 1) состоит из водоподъемной 1 и воздухопроводной 2 труб, соединённых между собой в нижней части форсункой 3. Форсунка включает корпус-трубу 4, днище 5 со всасывающей трубой 6, впускное отверстие с седлом которой перекрывается обратным клапаном 7, подпружиненным пружиной сжатия 8. В верхней части форсунки имеется крышка 9 с подсоединительными патрубками 10 и 11, с внутренней стороны которой установлены активное сопло 12 в виде U - образного патрубка. Входная часть сопла 12 соединена с воздухоподсоединительным патрубком 10, а выходная часть - снабжена дополнительным пассивно-активным соплом 13 в виде конфузора 14, смесительной камеры 15, диффузора 16 и сопла 17. Активное 12 и пассивное 18 сопла установлены между собой соосно, а водоподсоединительный патрубок 11 с взаимодействующей пассивной частью 14 с активным соплом 12 U - образного патрубка, а активной частью 17 - с пассивным соплом 18 водоподсоединительного патрубка 11, выполненного в виде конфузора 19 со смесительной камерой 20 и диффузором 21. При этом активные сопла по отношению к пассивным соплам установлены соосно и выполнены регулируемые в осевом направлении посредством резьбового соединения 22.

Водоподъемная 1 труба в верхней части снабжена эжектором 23, подающий патрубок 24 с активным соплом 25 которой через угольник 26 соединён с верхней частью водоподъемной трубы 1 и выполнен с возможностью осевого перемещения и регулирования посредством резьбового соединения 22, а всасывающий патрубок 27 пассивного сопла 28 сообщён в зоне образования вакуума через отвод 29 с атмосферным воздухом.

Пассивное сопло 28 всасывающего патрубка 27 эжектора 23 через смесительную камеру 30 с диффузором 31 сообщено с водовоздухоприёмной ёмкостью 32, имеющей водоотводной 33 и воздухообросной 34 патрубки с вентилями 35 и 36.

Технологический процесс пневмовакuumной (эрлифтной) насосной установки осуществляется следующим образом (рис. 1).

При опущенной в водоисточник, например, скважину форсунке 3 с водоподъемными 1 и воздухопроводными 2 трубами на глубину H_f , равную сумме динамического уровня H_d и вакуумного напора $H_{\text{вак}}$, создаваемого в форсунке 3, в водоподъемных 1 и воздухопроводных 2 трубах вода заполняется не до статического уровня, а ниже - до динамического из-за воздействия пружины сжатия 8 на обратный клапан 7, перекрывающий впускное отверстие всасывающей трубы 6. Усилие пружины сжатия 8 задаётся величиной вакуумного напора, создаваемого внутри форсунки 3. При пуске сжатого воздуха в воздухопроводные трубы 2 при открытии вентиля 37, в них создаётся давление и воздух, проходя через активное 12 и пассивное 14 сопла в форсунке 3, создаёт разрежение. В результате разрежения обратный клапан 7 в форсунке 3, преодолевая усилие пружины сжатия 8, открывается и вода поступает через пассивное сопло 14 в смесительную камеру 15 дополнительного пассивно-активного сопла 13. Далее вода, перемешиваясь со сжатым воздухом, поступает в виде водовоздушной смеси по диффузору 16 и, проходя через активное сопло 17, создаёт разрежение (вакуум) во всасывающем патрубке в пассивном сопле 18. Вода из форсунки 3 новой порцией засасывается во всасывающий патрубок пассивного сопла 18 и подаётся в смесительную камеру 20 и вместе с водовоздушной смесью через диффузор 21 подаётся в водоподъемные трубы 1.

В верхней части водоподъемной трубы 1 водовоздушная смесь, проходя через активное сопло 25 эжектора 23, создаёт разрежение (вакуум) в пассивном сопле 28 и через всасывающий патрубок 27 засасывает атмосферный воздух и поступает

вместе с водовоздушной смесью в смесительную камеру 30, где, интенсивно перемешиваясь, завершается процесс аэрации воды атмосферным воздухом. Далее диффузор 31 вода поступает в водовоздухоприёмную ёмкость 32, где воздух, отделяясь от воды, выходит через воздухоотбросной патрубок 34 и вентиль 36 в атмосферу. При открытии вентиля 35 водоотводного патрубка 33 вода улучшенного качества поступает к потребителю. Водовоздушная смесь при установившемся режиме непрерывно поступает в водоподъёмные трубы 1 и таким образом, проходит технологический процесс водоподъёма пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки. Для подачи воды к потребителю под напором, в водовоздухоприёмной ёмкости 32 может создаваться избыточное давление путём дросселирования вентилем 36 сброса отработанного воздуха через воздухоотбросной патрубок 34.

Остановка работы пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки осуществляется перекрытием подачи сжатого воздуха в воздухопроводные трубы 2 вентилем 37 или остановкой автономного компрессора, при этом подача водовоздушной смеси по водоподъёмным трубам 1 прекращается. Подпружиненный обратный клапан 7 перекрывает поступление воды через всасывающую трубу 6 в форсунку 3, предотвращая поступление воды в водоподъёмные 1 и воздухопроводные 2 трубы до статического уровня.

Конструктивная схема пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки состоит из компрессорно-силового агрегата, создающего сжатый воздух и насосной части, преобразующей энергию подающего сжатого воздуха в поступательное движение поднимаемой воды в виде водовоздушной смеси. Компрессорно-силовой агрегат выполнен в двух исполнениях – с приводом от электродвигателя и с приводом от двигателя внутреннего сгорания.

Компрессорно-силовой агрегат состоит из головки компрессора и приводного двигателя, установленных на раме-ресивере с влагомаслоотделителем.

Обоснованная конструкция пневмовакуумной (эрлифтной) насосной установки обеспечивает улучшение энергетических показателей путем совершенствования технологического процесса: повышение создаваемого вакуума в форсунке и увеличение подсоса поднимаемой воды в водоподъёмный трубопровод за счёт кинетической энергии создаваемой водовоздушной смеси, в результате которых снижаются удельные энергозатраты на 20-70 % и материалоемкость в 1,3-1,5 раза. Повышаются основные параметры насосной установки: подача и КПД на 20-30 %, а также повышается надежность компрессорно-силового агрегата и всей водоподъёмной системы, улучшается качество поднимаемой воды при выполнении технологического процесса методом аэрации и обеспечивается транспортирование воды после ее подъема к потребителю, удаленному от водоисточника.

Список использованных источников

1. Патент 29677 KZ. Пневмовакуумная (эрлифтная) насосная установка. Яковлев А.А., Саркынов Е., Асанбеков Б.А., Тлеукулов А.Т., Жакупова Ж.З., Малау Р.С., Сайын А.С. Оpubл.16.03.2015, бюл.3
2. Предпатент 20252 KZ. Пневмовакуумный водоподъемник / Яковлев А.А., Саркынов Е. Оpubл.17.11.2008, бюл.11.
3. Предпатент 10811 KZ. Воздушный водоподъемник (эрлифт) / Яковлев А.А. Оpubл.15.10.2001, бюл.10.

ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 556.161, 556.16.048, 556.5.01

МОДЕЛИРОВАНИЕ СУТОЧНОЙ ДИНАМИКИ РЕЧНОГО СТОКА МАЛОГО ВОДОСБОРА ЗОНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД МЕТОДОМ РЕГРЕССИИ РЕШАЮЩИХ ДЕРЕВЬЕВ

Г.В. Айзель

Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

Водосборы российской Арктики характеризуются низкой степенью гидрометеорологической изученности, что вызывает трудности как при выполнении качественного аналитического исследования процессов формирования стока на них, так и при необходимости проведения численных экспериментов, особенно с привлечением современного функционала физико-математических моделей, детально описывающих процессы тепло- и влагообмена поверхности суши с атмосферой. Поэтому разработка средств физико-статистического моделирования, основанных на аналитических инструментах современных алгоритмов машинного обучения, и не требующих больших объёмов натурных наблюдений за разнообразными ландшафтными, гидрологическими и метеорологическими характеристиками, но способных восстанавливать суточную динамику процессов формирования речного стока с высокой степенью надёжности, является актуальной научной задачей, решение которой имеет и высокую практическую ценность.

В качестве объекта исследования был выбран водосбор ручья Контактный до створа «Контактный-Нижний», расположенный на территории Колымской водно-балансовой станции (КВБС). Ручей Контактный имеет площадь водосбора 21,1 км², средняя высота водосбора — 1070 м над у.м., средний уклон составляет порядка 20 градусов (рис. 1). Для моделирования суточной динамики речного стока использовались данные стационарных метеорологических наблюдений за температурой, влажностью воздуха и количеством выпавших осадков на метеостанции «Нижняя», а также за количеством выпавших осадков в пункте наблюдений № 38 КВБС. Использование ограниченного набора натурных наблюдений устанавливает низкие требования к входным данным для нашей модели и позволяет предлагать ее использование на слабо изученных водосборах.

В качестве модели, описывающей закономерности формирования речного стока на водосборе ручья Контактный, была выбрана модель регрессии решающих деревьев, которая в общем виде представляет собой непараметрическую модель машинного обучения — простую модель «белого ящика», алгоритм принятия решений которой может быть описан набором простых булевых функций. Достоинствами модели регрессии решающих деревьев являются: интерпретируемость, быстрота обучения, высокая толерантность к неполным данным. В качестве недостатков обычно выделяют: высокую способность к переобучению, неустойчивость при доминировании одного решающего класса, сложность поиска точной структуры дерева.

В качестве предикторов для обучения модели регрессии решающих деревьев были использованы суточные метеорологические данные, в качестве целевой пе-

ременной — среднесуточные значения наблюдаемого речного стока за период с 1971 по 1983 гг. Для проверки предиктивной силы построенной модели использовались независимые данные по 1983-му году, не принимавшие участия в инициализации и обучении модели. Результаты моделирования суточной динамики речного стока можно оценить как хорошие, как по критерию Нэша-Сатклиффа, так и по коэффициенту корреляции измеренных и смоделированных расходов воды (рис. 2). Показана высокая эффективность применения модели регрессии решающих деревьев для задачи воспроизведения суточной динамики речного стока с малого водосбора зоны распространения многолетнемерзлых пород.

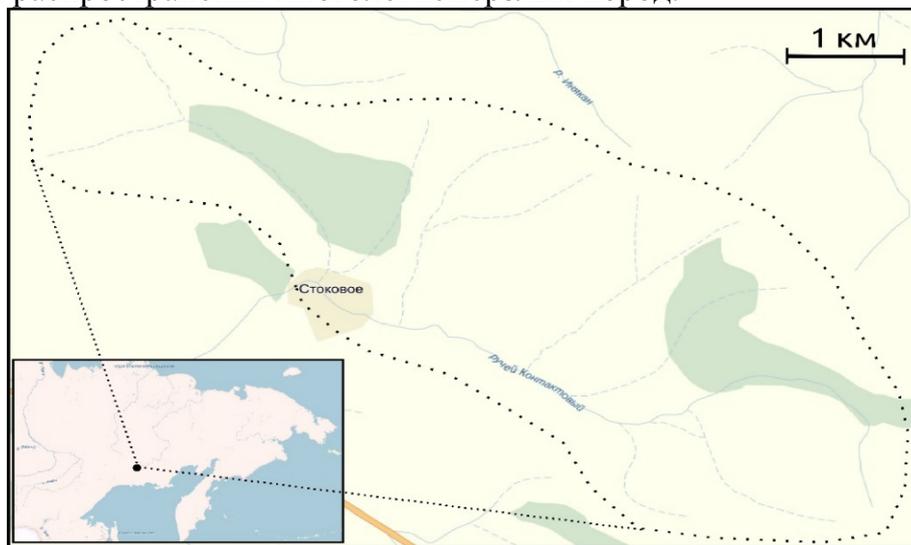


Рисунок 1 - Исследуемый бассейн ручья Контактный

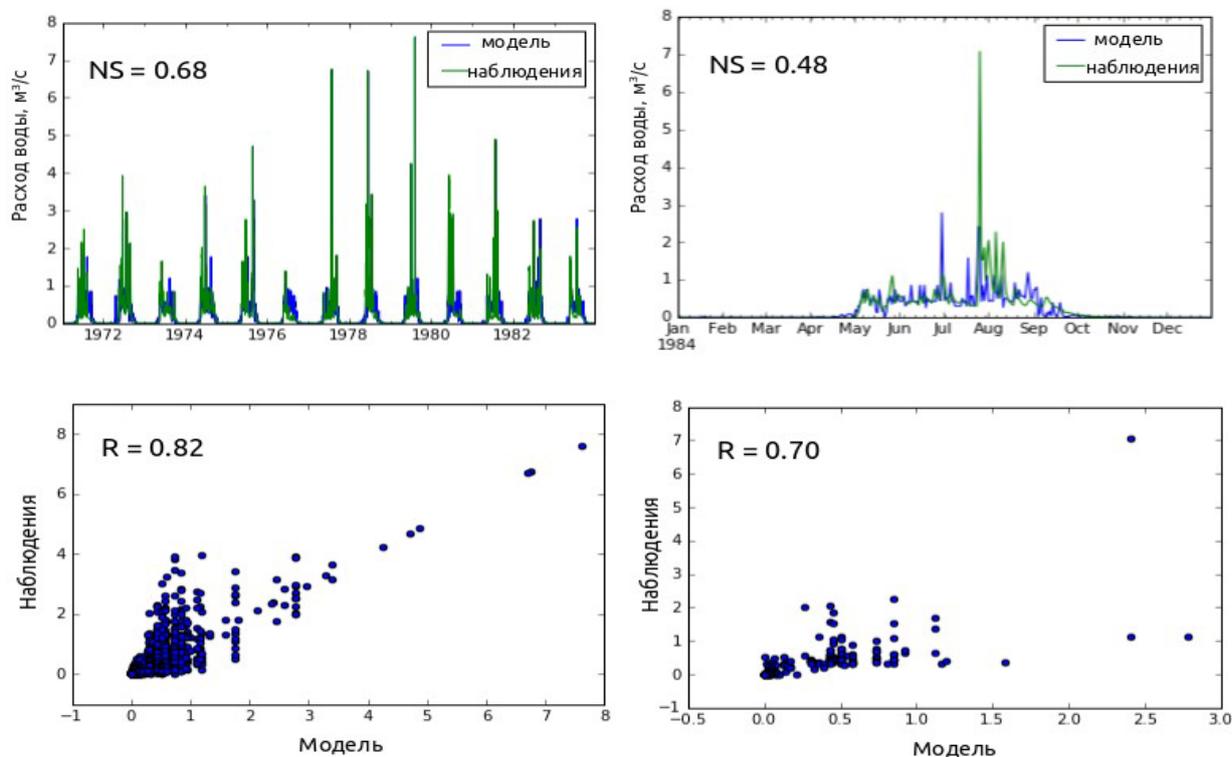


Рисунок 2 - Результаты моделирования на периоде обучения (слева) и проверки (справа) модели решающих деревьев

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00159 мол_а.

УДК 556.52.

ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ И РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

М.М. Альжигитова, М.Р. Заппаров, С.М. Джумабаев, А.Т. Кашибаева
Казахский Национальный ИТУ имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

Территория Шымкентского НПЗ (ТОО «ПКОП») расположена в юго-восточной части промышленной зоны города (рис. 1), в пределах древней долины реки Сайрамсу, в контуре урочища Ески-Бадам. На местности оно выражено слабым понижением на фоне относительно спокойной слабонаклонной на запад поверхности. В геоморфологическом отношении исследуемая территория приурочена ко II-IV надпойменным левобережным террасам реки Бадам.



Рисунок 1 – Участок территории Шымкентского НПЗ (ТОО «ПКОП»)

Климат описываемого района резко континентальный. Самыми холодными месяцами являются декабрь – январь, а самыми теплыми - июнь – август. Основные климатические характеристики района приводятся по метеостанции Шымкент, согласно СНиП РК 2.04-01-2010 и научно-прикладного справочника по климату СССР (Выпуск 18. Казахская ССР).

Задачей и целью проведённых изысканий являлось комплексное изучение инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадок строительства различных технологических установок, резервуаров, а также зданий и сооружений, в том числе вне проектной территории.

В соответствии с поставленной задачей и целью были исследованы:

- условия распространения и залегания геолого-литологических разностей грунтов основания проектной территории;
- физико-механические, водно-физические, химические и коррозионные свойства грунтов по отношению к стали, свинцу и алюминию;

- степень агрессивного воздействия грунтов и воды на железобетонные конструкции;

- распространение и условия залегания водоносных горизонтов;

- минерализация и химический состав грунтовых вод.

Инженерно-геологические изыскания выполнены в следующем составе:

- сбор и анализ фондовых материалов;

- инженерно-геологическая и гидрогеологическая рекогносцировка (маршрутные наблюдения);

- механическое бурение 82 разведочных и технических скважин глубиной по 15-20 м, а также 2 опорных скважин глубиной по 45 м;

- проходка экскаватором 6-ти разведочно-технических шурфов;

- из пройденных выработок (скважин, шурфов, закопшек) отобраны образцы грунтов нарушенной и ненарушенной структуры, пробы воды;

- 6 скважин оборудовано пьезометрами на глубину 20 м;

- проводятся ежедневные режимные наблюдения за колебаниями уровня грунтовых вод в 10-ти пьезометрах (в 6 новых и в 4 оборудованных в конце 2012 г. на участке установки изомеризации);

- проведены геофизические межскважинные испытания;

- проведены штампоопытные испытания грунтов в котловане, шурфах и скважинах;

- проведены электрометрические работы по определению удельного электрического сопротивления грунтов оснований и наличия блуждающих токов;

- выполнен комплекс лабораторных исследований грунтов по определению геотехнических характеристик (в том числе испытания монолитов грунта на 3-х - осное сжатие) и химические анализы грунтов и грунтовой воды;

- проведены грохочение и определение плотности галечников в полевых условиях;

- камеральная обработка материалов рекогносцировочных, буровых, опытных и лабораторных работ.

Результаты исследований показали следующее.

1. В геолого-литологическом строении проектной территории принимают участие сверху - вниз: техногенные насыпные грунты, покровные лессовидные суглинки с различным содержанием гальки и гравия, которые подстилаются галечниками. В толще галечников вскрываются линзы и прослои суглинков, суглинков гравелистых, гравийных реже песчаных и супесчаных грунтов.

2. Грунты разделены на следующие инженерно-геологические элементы:

- ИГЭ-1 → железобетонная плита (армированный бетон);

- ИГЭ-2 → насыпной грунт (суглинок галечниковый и с галькой);

- ИГЭ-2а → насыпной грунт (галечник с суглинистым заполнителем);

- ИГЭ-3 → покровный суглинок лессовидный с гравием и галькой до 15 % (суглинок лессовидный);

- ИГЭ-4 → суглинок с гравием и галькой до 15 % (суглинок);

- ИГЭ-5 → суглинок гравелистый, галечниковый и с галькой (суглинок гравелистый);

- ИГЭ-6 → супесь с гравием и галькой до 15 % (супесь);

- ИГЭ-7 → супесь гравелистая;

- ИГЭ-8 → песок мелкий;

- ИГЭ-9 → песок средней крупности;
- ИГЭ-10 → песок гравелистый;
- ИГЭ-11 → гравийный грунт;
- ИГЭ-12 → галечниковый грунт;
- ИГЭ-13 → глина коренная.

3. Насыпные грунты (ИГЭ-2 и ИГЭ-2а) использовать в качестве оснований проектируемых зданий и сооружений не рекомендуется.

4. Покровные суглинки ИГЭ-3 и ИГЭ-4 пригодны для использования их в качестве грунтов оснований фундаментов проектируемых зданий и сооружений только после предварительного их замачивания в котлованах и уплотнения, т.е. устранения просадочности.

5. В качестве оснований фундаментов проектируемых технологических установок, зданий и сооружений галечниковые грунты (ИГЭ-12) являются отлично дренируемыми надежными и прочными грунтами.

6. Грунтовые воды пресные и солоноватые, по отношению к железобетонным конструкциям неагрессивные.

7. По суммарному содержанию легко- и среднерастворимых солей грунты незасоленные.

8. Грунты, по отношению к бетонным и железобетонным конструкциям, в целом неагрессивные, лишь на отдельных участках проявляют слабую сульфатную агрессию к бетонам марок W₄ и W₆ на обычных портландцементях.

9. Степень коррозионной активности грунтов к углеродистой и низколегированной стали от средней до высокой.

10. Грунты обладают различной степенью коррозионной активности к свинцу и алюминию в зависимости от содержания тех или иных компонентов.

11. По условиям просадочности грунты ИГЭ-3 (покровные суглинки лессовидные) относятся к I и ко II типу грунтовых условий по просадочности.

12. Нормативная глубина промерзания грунтов составляет: для суглинков – 0,38 м, супесей, песков мелких и пылеватых – 0,46 м, для песков гравелистых, крупных и средней крупности – 0,49 м и для гравийных и галечниковых грунтов – 0,56 м.

13. Проектная территория с поверхности, в зоне развития суглинистых грунтов, слабодренированная. Поэтому во избежание излишнего увлажнения и последующего возможного проседания просадочных суглинков необходимо предусмотреть водозащитные мероприятия в соответствии с требованиями СНиП РК 4.01.02-2009 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», а также СНиП РК 4.01-41-2006* (СНиП 2.04.01-85*) «Внутренний водопровод и канализация зданий»;

14. Отвод атмосферных вод с кровли зданий, а также водопроводной и технической воды должен осуществляться в наружную ливнесточную или общесплавную канализационную сеть, а при их отсутствии в местную ливнесточную сеть со сбросом в безопасные места за пределами территории, подлежащей застройке;

15. Если под фундаменты зданий и сооружений попадают отрытые ранее котлованы или ямы, то необходимо их тщательно затрамбовать.

Во избежание оврагообразования после проведения всех земляных работ закрепить обнаженные участки посевом трав или дерном, либо эти участки забетонировать или заасфальтировать.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ГРУНТОВЫХ ВОД НА МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

К.А. Анзельм, М.Ю. Эсанбеков

РГУ «Южно-Казахстанская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция» Комитета по водным ресурсам МСХ Республики Казахстан, г. Шымкент, Казахстан

Для сельского хозяйства Республики Казахстан, находящегося в зоне рискованного земледелия, вопросы получения гарантированного урожая, что возможно только на мелиоративно-благополучных орошаемых землях, всегда были актуальны. По мелиоративным показателям засоление и высокое стояние грунтовых вод в основном связано с недостаточной дренированностью орошаемых земель из-за неэффективной работы открытой коллекторно-дренажной сети и скважин вертикального дренажа.

Как известно, грунтовые воды орошаемой территории формируются за счет поливных вод, атмосферных осадков и подземного притока. Динамика уровня грунтовых вод (УГВ) подвержена колебанию по сезонам года.

Сводные данные замеров за 2015 г. УГВ по Южно-Казахстанской области (ЮКО) показали, что критическая (от 0 до 2 м) глубина отмечается на 158,2 тыс. га, и по сравнению с предыдущим годом площадь увеличилась на 0,7 тыс. га. Площади с глубиной ниже критической отметки (от 2 и ниже) составили 408,3 тыс. га или 73,4 % от всей орошаемой площади ЮКО. Наблюдение за химизмом грунтовых вод показали, что минерализация грунтовых вод (ГВ) от 0 до 3 г/л распространилась на площади 468,8 тыс. га и от 3 и более г/л на площади 97,7 тыс. га (17,6 % от всей орошаемой площади ЮКО).

Наиболее низкое положение грунтовых вод наблюдается в период после окончания вегетационных поливов и до начала проведения осенне-зимних промывок там, где они проводятся, а где не проводятся - практически до весенне-полевых работ. Максимально высокое положение ГВ - на орошаемых землях, где выполняются летние вегетационные поливы сельскохозяйственных культур и осенне-зимние промывные поливы. Здесь выделено два пика: декабрь-март и июль-август месяцы, т.е. наблюдается ирригационный тип режима грунтовых вод. Районирование и систематизация данных по минерализации и химизму ГВ показали, что в районах, расположенных в предгорной зоне с глубиной залегания 3-5 м, определяющим фактором формирования химического состава и минерализации является исходный химизм источников питания ГВ. Минерализация грунтовых вод в этой зоне, как правило, не превышает 1-3 г/л, воды преимущественно гидрокарбонатно-кальциевого типа.

Грунтовые воды орошаемых земель, расположенных на полого-покатых равнинах нижних террас рек, имеют минерализацию, варьирующую в пределах от 3 до 5, а в отдельных случаях и более 5 г/л. Определяющим фактором в формировании минерализации и химизма являются свойства водовмещающих пород и характер баланса грунтовых вод. Значительное повышение УГВ было отмечено на орошаемых землях Мактааральского и Шардаринского районов, в основном по причине неудовлетворительной работы коллекторно-дренажной сети (табл. 1 и 2).

Таблица 1 - Распределение орошаемых земель Мактааральского и Шардаринского районов по глубине залегания УГВ, тыс. га

| Районы | Годы | Общая площадь, тыс. га | Глубина залегания уровня грунтовых вод, м | | | |
|----------------|------|------------------------|---|------|---------|------|
| | | | до 2 | % | более 2 | % |
| Мактааральский | 2000 | 125,3 | 37,2 | 29,7 | 88,1 | 70,3 |
| | 2005 | 136,8 | 73,1 | 53,4 | 63,7 | 46,6 |
| | 2010 | 138,8 | 98,1 | 70,7 | 40,7 | 29,3 |
| | 2015 | 150,9 | 108,1 | 71,7 | 42,8 | 28,3 |
| Шардаринский | 2000 | 66,5 | 12,1 | 18,1 | 54,4 | 81,9 |
| | 2005 | 66,5 | 16,7 | 25,1 | 49,8 | 74,9 |
| | 2010 | 68,9 | 29,2 | 42,4 | 39,7 | 57,6 |
| | 2015 | 68,0 | 33,3 | 49,0 | 34,7 | 51,0 |

Как видно, в Мактааральском районе критические отметки УГВ в 2015 г. характерны для 108,1 тыс. га, что больше в 2,9 раз по сравнению с 2000 г., а в Шардаринском районе, соответственно, в 2,7 раз.

Таблица 2 - Распределение орошаемых земель Мактааральского и Шардаринского районов по минерализации ГВ, тыс. га

| Районы | Годы | Общая площадь, тыс. га | Минерализация, г/л | | | |
|----------------|------|------------------------|--------------------|------|---------|------|
| | | | до 3 | % | более 3 | % |
| Мактааральский | 2000 | 125,3 | 58,9 | 47 | 66,4 | 53 |
| | 2005 | 136,8 | 51,3 | 37,5 | 85,5 | 62,5 |
| | 2010 | 138,8 | 63,4 | 45,6 | 75,4 | 54,4 |
| | 2015 | 150,9 | 82,4 | 54,6 | 68,5 | 45,4 |
| Шардаринский | 2000 | 66,5 | 65 | 97,7 | 1,5 | 2,3 |
| | 2005 | 66,5 | 66,1 | 99,3 | 0,4 | 0,7 |
| | 2010 | 68,9 | 68,4 | 99,2 | 0,5 | 0,8 |
| | 2015 | 68,0 | 67,4 | 99,1 | 0,6 | 0,9 |

В условиях высокого стояния УГВ, низкого качества эксплуатации оросительных систем и плохого функционирования дренажных систем, отмечается тенденция к увеличению площадей с более высокой минерализацией ГВ (табл. 2). Такая ситуация негативно сказывается на солевом режиме почвогрунтов, так как интенсивность протекания соленакопления зависит от минерализации грунтовых вод и глубины их залегания. На основании этих данных произведена оценка мелиоративного состояния орошаемых земель (табл. 3).

В результате оценки установлено, что из общей площади 150,9 тыс. га орошаемых земель Мактааральского района 6,2 тыс. га находятся в хорошем состоянии, а 26,3 тыс. га - в удовлетворительном. Неудовлетворительное состояние отмечено на 118,4 тыс. га или на 78,5 % орошаемых земель района, а в Шардаринском районе этот показатель составляет 70,6 %.

Для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель необходимо:

- уменьшить инфильтрационное питание грунтовых вод за счет проведения антифильтрационных мероприятий на оросительных системах, а также за счет применения научно-обоснованных способов и техники полива и улучшения водопользования;

- повысить дренированность территории путем восстановления системы скважин вертикального дренажа и проведения регулярных эксплуатационных мероприятий на открытых коллекторно-дренажных системах.

Таблица 3 - Оценка мелиоративного состояния орошаемых сельскохозяйственных угодий (2015 г.)

| Районы | Хорошее | | Удовлетворительное | | Неудовлетворительное | | | | |
|----------------|---------|-----|--------------------|------|----------------------|------|-------------|------|--------------------------|
| | | | | | всего | | в том числе | | |
| | тыс. га | % | тыс. га | % | | | тыс. га | % | недопустимая глубина УГВ |
| Мактааральский | 6,2 | 4,1 | 26,3 | 17,4 | 118,4 | 78,5 | 62,1 | 10,3 | 46,0 |
| Шардаринский | 8,12 | 12 | 11,8 | 17,4 | 48,0 | 70,6 | 25,8 | 14,7 | 7,5 |

Своевременное и качественное проведение вышеперечисленных мероприятий в конечном итоге позволит улучшить мелиоративное состояние орошаемых земель, повысить их водообеспеченность и создать благоприятные условия для эффективного использования орошаемых земель юга Казахстана.

Список использованных источников

1. Отчет о мелиоративном состоянии орошаемых земель Южно-Казахстанской области за 2015г., РГУ «ЮК ГГМЭ», Шымкент, 150 с.
2. Кадастр мелиоративного состояния орошаемых сельхозугодий Южно-Казахстанской области за 2000-2015гг., РГУ «ЮК ГГМЭ», Шымкент.

УДК 634.0.0.631.4

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ВЕСЕННЕГО ПАВОДКА В ВОЛЖСКО-КАМСКОМ БАССЕЙНЕ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОТОЧНОГО ПРОГНОЗА ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТАЛЫХ ВОД

А.Т. Барбанов

ВНИ агролесомелиоративный институт РАН, г. Волгоград, Россия

При оптимизации режима весеннего паводка на каскаде Волжско-Камских водохранилищ необходимо решать следующие задачи: обводнить Волго-Ахтубинскую пойму с целью создания условий жизни людей, функционирования сельского, рыбного, коммунального хозяйства, улучшения природной среды для флоры и фауны и повышения биоразнообразия; обеспечить условия для нереста рыбы в соответствии с ее биологией; создать уровень воды в Волге ниже плотины ГЭС, обеспечивающий нормальное судоходство и забор воды для коммунального хозяйства; заполнить все водохранилища каскада до наименьшего подпорного уровня (НПУ); обеспечить водой потребности энергетиков. Для решения этих задач нужен высокоточный заблаговременный прогноз поверхностного стока талых вод с водосбора. Только в этом случае можно оптимизировать режим пусков паводковых вод. Имея большой объем воды в водохранилищах и высокоточный прогноз стока можно идеально решить проблему регулирования пропуска весенних паводков, удовлетворив потребности всех водопользователей.

Управление режимом стока Волги осуществляется на основе прогнозов низкой точности. Поэтому управленческие решения часто бывают ошибочными. Огромный ущерб наносится в том случае, когда прогнозируется незначительный сток, а он бывает большим или катастрофическим, приводящим к наводнениям, разрушениям и даже гибели людей и животных. Дорого обходятся грубые ошибки, когда прогнозируется большой сток, а на самом деле он отсутствует или бывает незначительным. Очень крупные ошибки могут привести к экологической катастрофе. Ущерб от неправильных управленческих решений составляет десятки миллиардов рублей. Такова цена ошибочных прогнозов.

Знание закономерностей формирования поверхностного стока позволит прогнозировать его с высокой точностью и планировать меры по его регулированию. Анализ существующих методов прогноза стока [1, 2, 5–10, 12, 13], изучение принципов, параметров и критериев, заложенных в их основу, показали, что при прогнозировании стока по существующим методикам либо используется один фактор (например, снеготпасы), либо десятки факторов. Ни то, ни другое неприемлемо. Отсутствие надежного метода прогноза связано и с тем, что нет хорошей теоретической основы для него. Часто при прогнозировании применяется статистический подход, используются годы-аналоги и не применяется генетический подход, который позволяет выявить закономерности процессов.

Во Всероссийском научно-исследовательском агролесомелиоративном институте имеется уникальный материал - свыше 50-лет исследований закономерностей формирования поверхностного стока талых вод. В исследованиях применяли водно-балансовый метод, являющийся наиболее точным и репрезентативным, использовали системный, генетический и статистический подходы. В результате теоретических и экспериментальных исследований, а также на основе обобщения имеющихся материалов впервые был сформулирован и обоснован закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод [3, 4] и разработана методика высокоточного заблаговременного (1,5-2,0 месяца) прогноза стока (методика запатентована) [11]. Закон формулируется так. **«При некотором минимальном значении одного из трех лимитирующих факторов (снеготпасы, глубина промерзания и влажность почвы) поверхностный сток не формируется независимо от уровня двух других».**

Определены значения факторов, при которых сток не формируется. На юге Центрального района Нечерноземной зоны (ЦРНЗ), в Центрально Черноземных областях (ЦЧО) и Поволжье, если почва талая или промерзла до глубины не более 50 см, стока не бывает независимо от уровня ее увлажнения и снеготпасов. Дальнейшее увеличение глубины промерзания почвы выше лимитирующего уровня не влияет на величину стока, т.е. при любой глубине промерзания выше лимитирующей, сток формируется одинаковый при одинаковых уровнях других факторов. Решающее влияние на него в этом случае оказывают влаготпасы в почве и снеге. При увлажнении верхнего (0-50 см) слоя почвы до уровня менее 120-130 мм на юге ЦРНЗ и 70-95 мм в Нижнем Поволжье сток не формируется независимо от глубины промерзания почвы и снеготпасов, т.е. в данном случае лимитирующим фактором является увлажнение почвы. При запасах воды в снеге меньше объема микрорельефа пашни сток также не формируется. В результате были разработаны модели формирования стока при уровнях факторов выше лимитирующих на разных типах почв (табл. 1). Расчет стока по этим уравнениям дает довольно близкую сходимость.

Таблица 1 - Уравнения связи стока талых вод с зяби $У_з$ и уплотненной пашни $У_п$ с запасами воды в почве W_n и снеге W_c перед снеготаянием, мм

| Область, почва | Уравнения связи стока с природными факторами | | Множествен- ные коэффи- циенты кор- реляции | | Ошибки уравнений, мм | |
|--|---|---------------------------------|--|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | зябрь | уплотненная пашня | зябрь | уплот- ненная пашня | зябрь | уплот- ненная пашня |
| Орловская, серая лес- ная | $У_з = -65 + 0,95W_n + 0,38W_c$ | $У_п = -71 + 0,44W_n + 0,41W_c$ | 0,97 | 0,86 | 8,2 | 14,0 |
| Курская, *) серая лес- ная | $У_з = -57 + 0,34W_n + 0,26W_c$ | нет данных | 0,61 | - | 26,8 | - |
| типичный чернозем | $У_з = -50 + 0,25W_n + 0,25W_c$ | $У_п = -16 + 0,71W_n + 0,41W_c$ | 0,92 | 0,74 | 4,5 | 16,0 |
| Воронеж- ская, *) обьк- новенный чернозем | $У_з = -40 + 0,19W_n + 0,38W_c$ | $У_п = -12 + 0,06W_n + 0,69W_c$ | 0,54 | 0,91 | 21,5 | 6,8 |
| Самарская, обыкновен- ный черно- зем | $У_з = -53 + 0,51W_n + 0,04W_c$ | $У_п = -24 + 0,17W_n + 0,40W_c$ | 0,48 | 0,92 | 8,4 | 7,0 |
| Волгоград- ская, каш- тановая | $У_з = -27 + 0,38W_n + 0,29W_c$ | $У_п = -4 + 0,19W_n + 1,14W_c$ | 0,96 | 0,92 | 7,1 | 9,2 |
| светло- каштано- вая | $У_з = -9 + 0,1W_n + 0,09W_c$ | $У_п = -12 + 0,17W_n + 0,16W_c$ | 0,64 | 0,84 | 5,6 | 8,7 |

Примечание. *) Материалы наблюдений научно-исследовательской гидрометеорологической обсерватории Каменная степь. – Л.: Гидрометеиздат, 1951-1986. – Вып. 1-23

На основе этого закона можно давать прогноз за 1-2 месяца поверхностного стока с точностью от 80 до 100 %. Отсутствие стока (когда уровни природных факторов ниже лимитирующих) предсказывается заблаговременно со 100 %-ой точностью. Если уровни природных факторов выше лимитирующих, то можно прогнозировать величину стока, используя выявленные нами закономерности и связи, с точностью 80-90 %. Алгоритм прогноза поверхностного стока талых вод приведен в таблице 2.

Прогнозы, которые давали на основе этого закона, подтверждаются уже много лет. Установлено также, что верхний слой почвы в гидрологическом отношении является саморегулирующейся системой. Он способен поглотить и удержать определенное количество воды, которое в мерзлом состоянии максимально может достигать полной влагоемкости верхнего слоя. Дефицит влаги (разница между полной влагоемкостью $W_{пв}$ и фактическими влагозапасами $W_{ф}$) обуславливает вели-

чину водопоглощения. Слой стока Y зависит от дефицита влаги в почве ΔW и снегозапасов перед снеготаянием W_c . В общем виде уравнение можно записать так:

$$Y = W_c - (W_{нв} - W_{ф}) = W_c - \Delta W \quad (1)$$

Таблица 2 - Алгоритм прогноза поверхностного стока талых вод в зависимости от уровня природных факторов

| Уровень факторов | | | Характер формирования стока |
|-------------------------------|--|----------------------------|---|
| глубина промерзания почвы, см | запасы воды в почве (слой 0-50 см), мм | снегозапасы, мм | |
| Менее 50 | Любой | Любой | Сток не формируется |
| Более 50 | Менее 70-120 (по зонам) | Любой | Сток не формируется |
| Более 50 | Более 70-120 (по зонам) | Меньше объема микрорельефа | Сток не формируется |
| Более 50 | Более 70-120 (по зонам) | Больше объема микрорельефа | Сток формируется, величина его зависит от уровня запасов воды в снеге и почве |

Опираясь на выявленные закономерности и связи, был разработан метод прогноза стока с сельскохозяйственной территории (водосборов). Для этого используется уравнение, учитывающее слой стока с сельскохозяйственных угодий, с конкретного агрофона (рыхлая пашня в случае зяби, уплотненная пашня, где многолетние травы, озимые и др., кормовые угодья), гидрографическую сеть и т.д. (величина стока определяется по уравнениям связи его с природными факторами) и его площадь, а также стокорегулирующий эффект от применения системы противоэрозионных мероприятий (противоэрозионная организация территории, лесомелиоративные, агротехнические и гидротехнические приемы), причем этот параметр применяется только в том случае, если на водосборе осуществлена полная система мероприятий.

Метод расчета стока получил многолетнюю апробацию в разных природных зонах. Он позволяет с высокой точностью прогнозировать сток талых вод с сельскохозяйственных угодий.

Список использованных источников

1. Алексеевский Н. И. Оценка влияния изменений климата на водный режим и сток рек бассейна Волги / Н. И. Алексеевский, Н. П. Фролова, М. М. Антонова, М. И. Игоница // Вода: химия и экология. – 2013, № 4. – С. 3-12.
2. Аполлов Б. А. Курс гидрологических прогнозов / Б. А. Аполлов, Г. П. Калинин, В. Д. Комаров – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 420 с.
3. Барабанов А. Т. Закономерности формирования поверхностного стока талых вод, его прогноз и регулирование / А. Т. Барабанов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1(33). – С. 65-68.
4. Барабанов А. Т. К вопросу о прогнозе поверхностного стока талых вод в лесостепной и степной зонах / А. Т. Барабанов, В. И. Панов // Аридные экосистемы. – 2012. – Том 18, № 4(53). – С. 22-27.
5. Водогрецкий В. Е. Склоновый сток и его изменение под влиянием агротехнических и лесомелиоративных мероприятий / В. Е. Водогрецкий, Э. А. Зайцева, Л. В. Елфимова // Вопросы

влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы и водный режим, тр. ГГИ. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. – Вып. 206.

6. Демидов В. В. Закономерности эрозии почв лесостепной зоны при снеготаянии как научная основа системы почвозащитных и природоохранных мероприятий: автореф. дисс. докт. биол. наук. – М., 2000. – 47 с.

7. Калюжный И. Л., Павлова К. К., Лавров С. А. Физическое моделирование процессов миграции влаги при промерзании почв // Метеорология и гидрология. – 1984. – № 1. – С. 71-85

8. Кучмент Л. С. Модели процессов формирования речного стока. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 143 с.

9. Мухин В. М. Методы прогнозирования притока воды в водохранилища за период весеннего половодья // Труды Гидрометцентра России. Гидрометеорологические прогнозы. – Вып. 351. – 2014. – С. 108-140

10. Петелько А. И. Агролесомелиорация в адаптивно-ландшафтном земледелии в лесостепи Центрального Нечерноземья автореф. дис. докт. с.-х. наук. – Волгоград, 2012. – 39 с.

11. Способ прогнозирования поверхностного стока талых вод (соавт. А. Т. Барабанов, Е. А. Гаршинев, К. Н. Кулик): пат. № 2347222 РФ МКИ заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИАЛМИ. – 2009126879/12; заявл. 24 июля 2006 г., опубл. 20.02. 2009 г., Бюл. №5. – 3 с.

12. Сурмач Г. П. Прогнозирование стока талых вод / Г. П. Сурмач, М. М. Ломакин, Л. П. Шестакова // Земледелие, 1989 № 4. – С. 29-31.

13. Шеппель П. А. Специальный весенний попуск паводковых вод Волги / П. А. Шеппель. – Нижне-Волжское изд-во, Волгоград, 1990. – 191 с.

УДК 633.511:631.674

ПОТЕРИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ НА ИСПАРЕНИЕ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ АРИДНОЙ ЗОНЫ

Безбородов Ю.Г.¹, Безбородов А.Г.², Безбородов Г.А.³

¹РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия;

²РАКО АПК, г. Москва, Россия;

³Уз НИИССиАВХ, г. Ташкент, Узбекистан

В процессе выращивания сельскохозяйственных культур в условиях аридного климата подаваемая на поля оросительная вода целенаправленно и планомерно разделяется на две составляющие водопотребления или суммарного испарения комплекса почва-растение. Один компонент, самый главный и необходимый для роста, развития и формирования урожая растений, это - транспирация. Другой, без которого растительный покров может обойтись, и который неизбежно присутствует при стандартной технологии его выращивания и считается непродуктивным - физическое испарение влаги или испарение влаги с оголенной поверхности почвы. В современных условиях возделывания орошаемых культур аридной зоны в среднем и нижнем течении р. Амударьи и в среднем р. Сырдарьи водораспределение между водопользователями осуществляется по урезанному режиму орошения, следствием чего является низкая урожайность основной сельскохозяйственной культуры – хлопчатника – 25-26 ц/га в среднем по Узбекистану.

Проблема экономии оросительной воды по праву здесь считается приоритетной, на решение которой направлено постановление Кабинета Министров РУз от 24.02.2014 № 39 «О Государственной программе по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и рациональному использованию водных ресурсов на период 2013-2017 гг.». В этом документе предусмотрено внедрение таких водосберегающих мероприятий как капельное орошение многолетних культур, использование гибких переносных поливных и транспортирующих полиэтиленовых трубопроводов, мульчирование почвы полиэтиленовой пленкой. Начатое с 2013 г. внед-

рение данных мероприятий основано на положительных результатах научных исследований и многолетних опытно-производственных проверок в различных почвенно-климатических условиях Республики, проведенных авторами статьи.

Из перечисленных водосберегающих мероприятий при выращивании пшеничных культур особое внимание привлекает мульчирование почвы, которое, как показали исследования, сокращает физическое испарение влаги и тем самым снижает размер оросительной нормы и, соответственно, водопотребление сельскохозяйственных культур. Другим важным достоинством этого агроприема является достоверное повышение урожая, подтвержденное многолетними результатами его использования в фермерских хозяйствах во всех административных областях Республики. Еще одним положительным, имеющим глобальное значение, фактором является экологичность мульчирования почвы. Его роль особенно ярко проявилась при возделывании хлопчатника. Как известно, для получения урожая хлопка-сырца 30-35 ц/га в почву вносятся минеральные удобрения: азотные нормой 200 кг/га (действующего вещества); фосфорные нормой 150 кг/га и калийные нормой 100 кг/га. Азот удобрений используется хлопчатником с КПД, равным 30-40 %. Оставшаяся часть, в том числе в виде газообразных соединений с кислородом, улетучивается в атмосферу и в виде закиси азота (N_2O), повышает парниковый эффект. При мульчировании почвы воздухонепроницаемой полиэтиленовой пленкой часть газообразных соединений азота минеральных удобрений остается в почве, повышая уровень азотного питания корневой системы растений и понижая объем их выброса в атмосферу в процессе дыхания почвы.

Аналогичная картина происходит в почве с фосфорными удобрениями. Фосфор минеральных удобрений используется хлопчатником примерно на 20-25 %, а остальная его часть закрепляется в почве в виде нерастворимых в воде двух- и трехкальциевых фосфатов. В мульчированной орошаемой почве кислоты, которые при взаимодействии с труднорастворимыми фосфатами переводят их в доступные для корневой системы растений формы. Таким образом, в мульчированной почве содержатся запасы питательных веществ, которые продуктивно используются растениями для повышения урожайности.

Вместе с тем, несмотря на то, что и минеральные удобрения, и оросительная вода являются важными факторами в сельскохозяйственном производстве, вода в экосистеме служит средством, с помощью которого происходит энерго- и массообмен в системе почва – растение – атмосфера, где нарушение равновесия вызывает глобальное (пока не доказанное) потепление климата. В связи с этим нам представляется, что сокращая физическое испарение влаги (и газообразные потери азота удобрений) сельское хозяйство региона может внести свой вклад в улучшение экологии планеты.

В мелиоративной науке известны многочисленные разработки, направленные на водосбережение в орошаемом земледелии. Одно из них, разрабатываемое нами, - это мульчирование почвы. Оно способствует сокращению непродуктивного физического испарения и соответственно, снижению объема поступающего в атмосферу водяного пара, который, как известно, является главным парниковым газом. Для расчета испарения с оголенной почвы разработан ряд теоретических и экспериментальных методов [2, 3, 4 и др.]. Из теоретических методов, апробированных на экспериментальных данных, нами рекомендован метод Денисова Ю.М. [6, 1], в котором интенсивность испарения влаги определяется по следующей зависимости

$$E_n = \alpha_{no} A (1 + ABCD\varphi_0) / (1 + ABC), \quad (1)$$

где E_n – интенсивность испарения влаги, мм/ч; $A = 2,68(1+u/v_s)$; $B = (k_2/1-\alpha_1)^{0.5}$; $C = (1-\varphi)^{0.5}$; $D = (\rho_{pn} - \rho_n) / \rho_2$; α_{no} – относительный объём пор на поверхности почвы, $\alpha_{no}=1-\lambda_{10}$; α_{10} – объём скелета почвы; u – скорость ветра на высоте флюгера, м/с; v_s – параметр, равный 2,5 м/с; k_2 – константа Кармана, равная 0,41; K_f – коэффициент фильтрации, м/сут; α_1 – относительный объём почвенного скелета; φ_0 – влагонасыщенность верхнего слоя почвы 5-10см; φ – средняя влагонасыщенность активного слоя почвы 50-100 см; ρ_{pn} – плотность насыщающего пара над водой при температуре 273°К и нормальном давлении, г/см³; ρ_n – плотность пара в воздухе на высоте метеобудки, г/см³; ρ_2 – плотность воды, г/см³.

Р. Хэнкс и Дж. Ашкрофт рекомендуют определять испарение из почвы, занятой посевами сельскохозяйственных культур, по разности между суммарным испарением (E) и транспирацией Tr [5]:

$$E = E_t - Tr, \quad (2)$$

Размер транспирации определяется по зависимости Девида

$$Tr = P_c E_p / f, \quad (3)$$

где P_c – масса сухого вещества надземной части растений, кг/га; E_p – средняя скорость потенциального испарения, приведенная к большой массе воды, см/сут; f – прирост сухого вещества, кг /га в сут.;

$$E_p = (R_n + G) L^{-1}, \quad (4)$$

где R_n – радиационный баланс, определяемый по зависимости:

$$R_n = R_s (1-p) + R_1, \quad (5)$$

R_1 – остаточная длинноволновая радиация; R_s – коротковолновая радиация, поступающая на поверхность; p -альбедо (доля суммарной радиации, которая отражается поверхностью); G – энергия, затраченная на нагревание почвы; L – скрытая теплота парообразования.

Для определения величины E_p ФАО рекомендует использовать методы Пенмана-Монтейта, Блейни и Криддла, радиации и испарителей. Наибольшее распространённый в орошаемом земледелии многих стран мира широко применяется метод Пенмана-Монтейта [4], на основании которого составлена известная компьютерная программа «CROPWAT». Эта программа адаптирована к условиям Узбекистана и может быть использована для составления планов водопользования и для текущего планирования сроков и норм полива.

Поскольку в системе УзГидрометцентра актинометрические исследования проводятся в небольшом объеме, для приближенных расчетов вместо E_p нами предлагается использовать известную формулу Иванова, по которой определяется испаряемость (испарение с водной поверхности):

$$ET_0 = 0,00144 (t + 25)^2 (100-r), \quad (6)$$

где t – среднемесячная температура воздуха, °С; r – относительная влажность воздуха, %.

Далее, определив размер транспирации по зависимости (3), по данным полевых опытов определив водопотребление культуры, по зависимости (2) можно определить величину физического испарения.

В результате проведения многолетних полевых опытов по изучению режима орошения хлопчатника разных сортов определены размеры оросительной нормы и водопотребления. На основании опытных данных и приведенных зависимостей рекомендуется следующая расчетная схема определения оросительной нормы хлопчатника. Имея данные по физическому испарению влаги (полевые наши и расчет-

ные по Денисову) и транспирации (по Девиту), определяется суммарное испарение хлопчатника (ЕТ). Затем определяется величина оросительной нормы (M_{op}):

$$M_{op} = ET - O_c - \Delta W, \quad (7)$$

где O_c – слой осадков, выпавших в течение вегетационного периода; ΔW – использованные в течение вегетационного периода почвенные влагозапасы.

В системе Узбекского института селекции, семеноводства и агротехники выращивания хлопка (НИИССиАВХ) в исследованиях по разработке агротехнологии новых сортов хлопчатника всегда определяется водопотребление хлопчатника. С определенной степенью водообеспеченности, учета прогнозируемых осадков и почвенных влагозапасов по приведенной зависимости можно определить оросительную норму хлопчатника.

В условиях дефицита оросительной воды одним из перспективных может стать направление по снижению ее затрат на испаряемость - испарение с водной поверхности. В орошаемой земледелии аридной зоны при возделывании пропашных культур повсеместно применяется поверхностный способ полива – бороздковый. Для его осуществления создается система временных водотоков, таких как временные оросители, выводные и поливные борозды. Все они работают в условиях жаркого климата, когда и почва, и оросительная вода, особенно почва, сильно нагреваются, в результате чего происходит интенсивное испарение воды.

В мелиоративной науке содержится ряд рекомендаций по определению потерь оросительной воды на испарение при бороздковом поливе. Так, на узкорядных посевах хлопчатника, выращиваемого на тяжелосуглинистых почвах с различными уклоном и длиной борозд, потери воды на испарение с поверхности воды и увлажняемой почвы во время проведения полива могут составлять 8,3-12,5 % или 110-175 м³/га. Нашими исследованиями испаряемости из малых испарителей с водной поверхностью 0,021 м² установлен объем испарившейся воды за период наблюдений 15.05-16.09.2015 г. При этом среднесуточная норма испарения за период проведения вегетационных поливов 8.06-27.08.15 составила 90 м³/га. С учетом коэффициента испарителя $K_{исп}=0,56$ суточная норма испарения составит 50 м³/га в сут. При проведении пяти поливов хлопчатника на типичном сероземе объем испарившейся воды составит примерно 250 м³/га.

В настоящее время на посевах хлопчатника рекомендуется поливы хлопчатника проводить по бороздам длиной не более 100-200 м. При длине борозд 100 м протяженность выводных борозд (ок-арыков) составит 125 м/га, при длине 200 м - 50 м/га. Для подачи воды в выводные борозды необходимо устраивать систему временных оросителей. Так, на стандартном поле площадью 40 га (1000x400 м) в новой зоне орошения Голодной степи в первом случае при поперечной схеме полива необходимо устраивать 5 линий выводных борозд общей длиной 5 км, во втором случае 1 км, временных оросителей соответственно 1,5 и 1 км. При этом общая длина временных водотоков на поле составит 162,5 и 50 м/га. Во временно работающих руслах потери воды на испарение определяются шириной потока по урезу воды и ее температурой. Как было установлено Безбородовым А.Г., в зоне командования Южного голодностепского канала температура воды летом в голове борозд равна 22-23 °С и при проведении поливов нагревается до 25-27 °С. Принимая расход воды временного оросителя в размере 40 л/с, а выводной борозды 20 л/с, ширина потока по урезу воды определится по зависимости

$$B = 1,15(0,04q^{0,6}/i^{0,4})^{0,33}. \quad (8)$$

Для временного оросителя с уклоном земли 0,003 расчетная ширина потока воды составляет 45 см, для выводной борозды с уклоном 0,002 – 42 см. Расчетами установлены суммарные потери воды с водной поверхности временных оросителей, выводных и поливных борозд в размере 2,5-3 % от поливной нормы 900 м³/га. Потери воды на физическое испарение с оголенной поверхности почвы междурядий хлопчатника составляют 30 % водопотребления. Если согласно СНиП 2.06.03-85, приложение 3, общие потери воды при поливе составляют 25-30 %, то на долю глубинных потерь и поверхностного сброса воды придется 22-27 %, что согласуется с практикой бороздкового полива.

Выводы

Сочетание теоретической зависимости, апробированной на материалах полевых экспериментов по определению физического испарения с оголенной орошаемой почвы на посевах пропашной культуры, и эмпирической по определению транспирации, дает возможность оценить суммарное испарение сельскохозяйственной культуры, а с учетом прогнозных значений атмосферных осадков и используемых почвенных влагозапасов вычислить оросительную норму. Потери воды с водной поверхности при поливе по бороздам в новой зоне орошения Голодной степи составляют 2,5-3 %, потери при физическом испарении – 30 %.

Список использованных источников

1. Безбородов Ю.Г., Безбородов А.Г. Орошение сельскохозяйственных культур в аридной зоне. -М.: РГАУ-МСХА, 2013. -535 с.
2. Будаговский А.И. Испарение почвенной влаги. -М.: Наука, 1964. - 244 с.
3. Константинов А.Р. Испарение в природе. -Л.: Гидрометеиздат, 1968. -532 с.
4. Пенман Х.Л. Растения и влага. -Л.: Гидрометеиздат, 1968. -162 с.
5. Хэнкс Р.Дж., Ашкрофт Дж.Л. Прикладная физика почв. Влажность и температура почвы. -Л.: Гидрометеиздат, 1985. -151 с.
6. Denisov Yu.M., Sergeev A.I., Bezborodov G.A., Bezborodov Yu.G. Moisture evaporation from bare soils // Irrigation and Drainage systems.-2002. -16. - P. 175-185.

УДК 519.87: 626.814

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСЧЁТОВ КОМПЛЕКСА «ОЗ. БАЙКАЛ - ИРКУТСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ»

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

В составе работ по контракту с федеральным агентством водных ресурсов, выполненных ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова в 2015 году, для обоснования возможного диапазона колебаний уровня воды в озере Байкал была разработана Вычислительная технология (ВТ) в среде Excel, которая позволила выполнить достаточно большое число различных водохозяйственных расчетов (ВХР). Разработанная ВТ позволяет использовать временные ряды полезного притока произвольной продолжительности и диспетчерские графики (ДГ) различной конфигурации. Расчет показателей надежности обеспеченности требований водопользователей, реализованный в ВТ, позволяет оценить надежность по числу бесперебойных периодов (расчетных интервалов) и лет в количественном и процентном выражении для любого вида требований, выраженного в виде функций от основных выходных по-

казателей ВХР (уровни оз. Байкал, ВБ и НБ Иркутского гидроузла, водоотдачи Иркутского водохранилища, мощности и выработки ГЭС).

В данной статье рассматривается постановка задачи и математическая модель ВХР, а также основные полученные результаты. Постановка задачи и математическая модель выполнены в соответствии с Методическими указаниями по разработке ПИВР [1]. При разработке ДГ были использованы ПИВР 1988, 2007 и 2013 гг. [2-4], а также рекомендации, изложенные в работах [5-7].

Целью проекта являлась реализация вычислительной технологии в среде **Excel** и выполнение водохозяйственных расчётов (ВХР) комплекса «оз. Байкал – Иркутское водохранилище» по многолетним гидрологическим рядам полезного притока к оз. Байкал. При ВХР определяются попуски на гидроузлах в соответствии с правилами регулирования стока по соответствующим диспетчерским графикам, ход уровней в верхнем и нижнем бьефах (ВБ, НБ) гидроузла Иркутской ГЭС (ИГЭС), что необходимо для водно-энергетических расчётов, развиваемые ГЭС мощности и выработка электроэнергии.

Многолетний ряд может иметь произвольную продолжительность, ограниченную возможностями **Excel**. В проекте выполнены расчеты по водохозяйственным рядам полезного притока 1903-2015 гг. и искусственным 10000-м рядам. ДГ может быть задан для 22-х или для 24-х расчетных интервалов. Количество зон (подзон) для каждого расчетного интервала может быть произвольным. Для анализа результатов ВХР в среде **Excel** разработана специальная схема, позволяющая оценить количество интервальных и годовых перебоев в номинальном выражении и в виде расчетных обеспеченностей (интервальных, годовых) для различных требований водопользователей (критериев). Количество критериев может быть произвольным. Критерии должны быть заданы в соответствии с требованиями и возможностями **Excel** [8-12].

В такой реализации ВТ в среде **Excel** были выполнены все необходимые ВХР для водохозяйственного и экологического обоснования предельных значений уровней оз. Байкал, и оценена надежность выполнения требований водопользователей и экосистемы. ДГ в рабочем виде представляет собой таблицу с шапкой имён интервалов. В таблице каждой перебойной линии отводятся три строки. В первой строке указываются сбросные расходы $Q_{\text{над}}$, соответствующие нижней границе вышележащей зоны (для верхней перебойной линии – расходы, соответствующие пропускной способности сооружений гидроузла), а в третьей строке – сбросные расходы $Q_{\text{под}}$ для верхней границы нижележащей зоны (для нижней перебойной линии – расходы санитарного ппуска). Во второй строке приводятся отметки, характеризующие положение перебойной линии на конец интервала.

На рисунке 1 приведено представление ДГ Иркутского гидроузла (ИГЭС), рекомендованного проектом ПИВР 2013 г. в табличном виде в среде **Excel**.

Сбросной расход в данном интервале рассчитывается по следующим исходным данным:

$W_{\text{нач}}$ – объём в водохранилище на начало интервала;

$W_{\text{прит}}$ – объём прогнозируемого притока за интервал;

$D_{\text{нач}}$ – дата начала интервала;

$D_{\text{кон}}$ – дата начала следующего интервала.

Согласно Методическим указаниям по разработке ПИВР: «Изменение режима работы гидроузла, установленного для зоны Диспетчерского графика, в которой на начало каждого интервала регулирования находится отметка уровня воды у плоти-

ны гидроузла, осуществляется исходя из расчетного значения отметки у плотины на конец данного интервала регулирования таким образом, чтобы средний сбросной расход через гидроузел за указанный интервал был равен сбросному расходу, соответствующему той зоне ДГ, в которой окажется отметка у плотины в конце интервала регулирования». Другими словами, расчётный сбросной расход назначается таким, чтобы он соответствовал сбросному расходу, установленному ДГ для уровня воды в конце интервала. Для конкретного интервала в соответствии с его продолжительностью столбец таблицы диспетчера пересчитывается в объёмы.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | | | | | | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 11.05 | 21.05 | 01.06 | 11.06 | 21.06 | 01.07 | 11.07 | 21.07 | 01.08 | 11.08 | 21.08 | 01.09 | 11.09 | 21.09 | 01.10 | 11.10 | 21.10 | 01.11 | 11.11 | 21.11 | 01.12 | 11.12 | 21.12 | 01.01 | 11.01 | 21.01 | 01.03 | 11.03 | 21.03 | 01.04 | 11.04 | 21.04 | 01.05 |
| | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | |
| Qнад | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | |
| Z | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | 457,86 | |
| Qпод | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | |
| Qнад | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | 3 600 | |
| Z | 456,50 | 456,50 | 456,50 | 456,55 | 456,60 | 456,67 | 456,73 | 456,79 | 456,86 | 456,92 | 456,97 | 456,99 | 457,00 | 457,00 | 457,00 | 457,00 | 457,00 | 457,00 | 457,00 | 457,00 | 457,00 | 457,00 | 457,00 | 457,00 | 457,00 | 457,00 | 456,90 | 456,70 | 456,50 | | | | |
| Qпод | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | 2 700 | | |
| Qнад | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | | |
| Z | 456,22 | 456,28 | 456,37 | 456,45 | 456,51 | 456,57 | 456,62 | 456,67 | 456,72 | 456,77 | 456,80 | 456,82 | 456,84 | 456,85 | 456,86 | 456,86 | 456,85 | 456,83 | 456,81 | 456,73 | 456,63 | 456,50 | 456,40 | 456,27 | 456,20 | 456,13 | 456,06 | 456,01 | 455,96 | 455,91 | 455,86 | | |
| Qпод | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | | |
| Qнад | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | 1 800 | | |
| Z | 456,15 | 456,23 | 456,32 | 456,40 | 456,46 | 456,52 | 456,57 | 456,62 | 456,67 | 456,72 | 456,75 | 456,77 | 456,79 | 456,80 | 456,81 | 456,80 | 456,78 | 456,76 | 456,68 | 456,57 | 456,45 | 456,35 | 456,22 | 456,13 | 456,06 | 456,01 | 455,96 | 455,91 | 455,86 | 455,81 | 455,76 | | |
| Qпод | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | | |
| Qнад | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | 1 500 | | |
| Z | 456,07 | 456,08 | 456,10 | 456,14 | 456,21 | 456,27 | 456,30 | 456,34 | 456,39 | 456,44 | 456,48 | 456,52 | 456,61 | 456,63 | 456,64 | 456,63 | 456,63 | 456,63 | 456,50 | 456,35 | 456,25 | 456,19 | 456,10 | 456,04 | 455,99 | 455,94 | 455,89 | 455,84 | 455,79 | 455,74 | 455,69 | | |
| Qпод | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | | |
| Qнад | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | 1 350 | | |
| Z | 456,01 | 456,03 | 456,06 | 456,11 | 456,16 | 456,20 | 456,20 | 456,25 | 456,32 | 456,40 | 456,45 | 456,50 | 456,51 | 456,52 | 456,53 | 456,55 | 456,45 | 456,30 | 456,20 | 456,13 | 456,06 | 456,01 | 455,96 | 455,91 | 455,86 | 455,81 | 455,76 | 455,71 | 455,66 | 455,61 | 455,56 | | |
| Qпод | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | | |
| Qнад | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | 1 050 | | |
| Z | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | 456,00 | | |
| Qпод | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |

Рисунок 1 – Диспетчерский график, заданный в табличном виде

Объём отдачи по ДГ (номинал) между перебойными линиями вычисляется линейной интерполяцией между объёмами $W_{\text{под}}(I-1)$ и $W_{\text{над}}(I)$ (линии нумерованы сверху вниз), т.е. в координатах «объём отдачи» - абсцисса / «объём ресурса» (объём воды в водохранилище плюс объём притока) - ордината номинал выражается отрезком прямой линии (в общем случае наклонной). Совокупность этих наклонных отрезков и горизонтальных отрезков перебойных линий от $W_{\text{над}}(I)$ до $W_{\text{под}}(I)$ образует линию диспетчера. Горизонтальные отрезки при $W_{\text{над}}(I) < W_{\text{под}}(I)$ не входят в линию диспетчера; она в этих местах претерпевает разрыв.

Уравнение баланса $W_{\text{кон}} = W_{\text{нач}} + W_{\text{прит}} - W_{\text{сбр}}$ отображается в этих координатах наклонной прямой под углом 45° к осям – линией баланса. Пересечение линии баланса с линией диспетчера (на рисунке 2 между перебойными линиями 1 и 2) даёт сбалансированное решение: расход сброса соответствует номинальному расходу (расходу, установленному ДГ); проекция точки пересечения на ось ординат даёт конечный объём (объём воды в водохранилище на конец интервала). При $W_{\text{над}}(I) > W_{\text{под}}(I)$ на линии диспетчера возникает горизонтальный участок; если линия баланса пересекает его, то результирующим конечным объёмом является объём $W_{\text{лин}}$, соответствующий объёму на перебойной линии (линия 2 на рисунке 2).

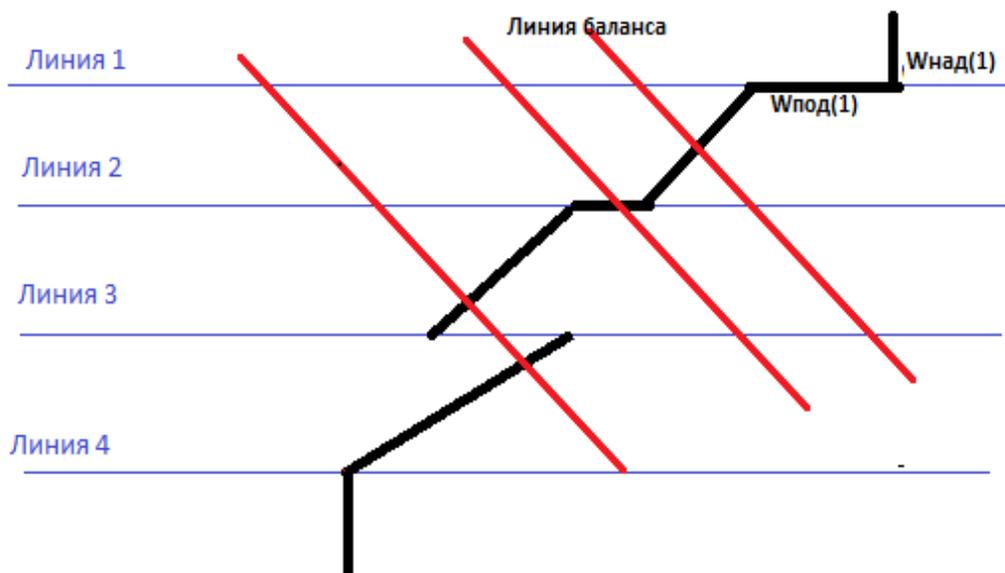


Рисунок 2 - Технологический график определения отдачи водохранилища по диспетчерскому графику (один расчетный интервал)

Такой же горизонтальный участок возникает и при $W_{над(I)} < W_{под(I)}$, но он не является частью линии ДГ; в этом месте происходит её разрыв. Пересечение линией баланса такого участка (перебойная линия 3 на рисунке 2) приводит к двойственности решения – выше и ниже перебойной линии. Для однозначности принимается то решение, которое находится по одну сторону с начальным объёмом (верхнее, если начальный объём не ниже перебойной линии, иначе – нижнее). Специальная функция *Between* определяет, где линия баланса пересекает данную перебойную линию: слева от перебойной линии (возвращает -1), справа (1) или на горизонтальном участке (0). Расчёт выполняется перебором по всем перебойным линиям, входящим в текущий временной интервал, начиная с первой (нумерация линий сверху вниз).

Для верхней и нижней перебойных линий расчёт имеет некоторые особенности, поскольку они являются граничными и отрезки линий диспетчера в граничных полуоткрытых зонах являются вертикальными (рис. 2). Введём понятие объёма сброса, необходимого для достижения I-й перебойной линии $W_{cs(I)}$.

$$W_{cs(I)} = W_{нач} + W_{прит} - W_{лин(I)}. \quad (1)$$

Здесь $W_{нач}$ – объём воды в водохранилище на начало текущего интервала;

$W_{прит}$ – объём ожидаемого притока за интервал;

$W_{лин(I)}$ – объём водохранилища, соответствующий I-й перебойной линии.

Для первой (верхней) перебойной линии если $Between(W_{cs(1)}, W_{над(1)}, W_{под(1)}) = 0$, то пропускной способности хватает и конечный объём будет $W_{кон(1)}$, т.е. объём водохранилища на конец текущего интервала, равен объёму водохранилища, соответствующему первой перебойной линии.

$$W_{кон} = W_{лин(1)} \quad (2)$$

Если же $Between(W_{cs(1)}, W_{над(1)}, W_{под(1)}) = 1$, то есть пропускной способности не хватает и ожидается переполнение выше первой перебойной линии, то в этом случае:

$$W_{кон} = W_{нач} + W_{прит} - W_{над} \quad (3)$$

В обоих рассмотренных выше случаях расчёт на этом заканчивается. Иначе, т.е. при $\text{Between}(W_{cs}(1), W_{над}(1), W_{под}(1)) = 0$, расчёт ведется в цикле от второй до предпоследней перебойных линий.

Для конкретной перебойной линии с номером I , если $\text{Between}(W_{cs}(I), W_{над}(I), W_{под}(I)) = 1$, то выполняется процедура «Пересечение» с параметром $L = I$ и расчёт на этом заканчивается.

Процедура «Пересечение» вычисляет конечный объём $W_{кон}$, находящийся между перебойными линиями с номерами $L - 1$ и L , исходя из линейной зависимости объёма сброса по диспетчеру от положения объёма водохранилища между этими линиями. Иными словами, ищется точка пересечения линии баланса с линией диспетчера.

Введём переменные Z , B и $Z2$:

$$Z = W_{лин}(L - 1) - W_{лин}(L), \quad (4)$$

$$B = (W_{под}(L - 1) - W_{cs}(L - 1)) / ((W_{cs}(L) - W_{над}(L))), \quad (5)$$

$$Z2 = Z * B / (1 + B), \quad (6)$$

$$\text{И конечный объём: } W_{кон} = W_{лин}(L-1) - Z2 \quad (7)$$

Эти выкладки сделаны из простейших геометрических соображений.

Если $\text{Between}(W_{cs}(I), W_{над}(I), W_{под}(I)) = 0$, то линия баланса пересекла горизонтальную линию диспетчера. В этом случае, если $W_{над}(I) \geq W_{под}(I)$, то конечный объём должен быть на этой линии, т.е.

$$W_{кон} = W_{лин}(I) \quad (8)$$

В противном случае при $W_{над}(I) < W_{под}(I)$ имеет место разрыв линии диспетчера. Тогда ищем пересечение в зависимости от начального объёма; если он выше перебойной линии, то пересечение над I -й линией, иначе – под ней. Параметр L процедуры «Пересечение»:

$$\text{если } W_{нач} > W_{лин}(I), \text{ то } L=I, \text{ иначе } L=I+1 \quad (9)$$

Если $\text{Between}(W_{cs}(I), W_{над}(I), W_{под}(I)) = 0$, то расчёт продолжается для следующей перебойной линии; иначе расчёт закончен.

Если просмотр перебойных линий вплоть до предпоследней не дал результата (везде $\text{Between}(W_{cs}(I), W_{над}(I), W_{под}(I)) = -1$), то переходим к вычислениям для последней перебойной линии (нижней границы области регулирования).

При $\text{Between}(W_{cs}(I), W_{над}(I), W_{под}(I)) = 0$ воды хватает для удержания объёма в водохранилище в норме и $W_{кон} = W_{лин}(I)$

Если же $\text{Between}(W_{cs}(I), W_{над}(I), W_{под}(I)) = 1$, то сброс минимально допустимых расходов опустит уровень ниже нормы:

$$W_{кон} = W_{нач} + W_{прит} - W_{под}(I) \quad (10)$$

Компьютерные коды расчетных элементов ВТ выполнены в среде **Excel** с использованием языка **Visual Basic**. Входная и выходная информация формируется на листах **Excel**. Вычислительные алгоритмы реализованы в виде макросов и встроены в среду **Excel**.

Фрагмент таблицы расчёта на листе **Рабочий лист** представлен на рисунке 3.

Разработанная ВТ позволяет построить для каждого расчетного интервала ДГ номограммы определения отдачи Иркутского водохранилища в зависимости от уровня оз. Байкал и прогноза полезного притока на расчетный интервал.

В результате для обоснования возможных границ диапазона колебаний уровней воды было выполнено более 40 имитационных и оптимизационных ВХР. На основе выполненных водохозяйственных и оптимизационных расчетов были предложены три варианта ДГ, которые были использованы для обоснования возможных

границ диапазона колебаний уровня воды в озере Байкал при разработке Проекта «Постановления». На рисунке 4 приведены конфигурации рекомендуемых ДГ. В таблице 1 сведены показатели надежности для каждого ДГ (перебои по интервалам, годам, обеспеченность, глубина перебоев, приоритет).

| Временные интервалы | | оз. Байкал | | | | | | Иркутская ГЭС | | | | | |
|---------------------|------------|------------------|---------------------------|-----------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------|------------------------------------|--------------|----------------------|
| Годы | Интервал | Начало интервала | Объём млн. м ³ | Уровень м | Приточность | | Сброс | | Уровень ВБ (ср.) м | Уровень НБ м | Турбинный расход м ³ /с | Мощность Мвт | Выработка млрд. квтч |
| | | | | | м ³ /с | млн. м ³ | м ³ /с | млн. м ³ | | | | | |
| Конечный объём: | | | 20 276 | 455,64 | | | | | | | | | |
| 1903 - 1904 | V 1-10 | 01.05.1903 | 20 276 | 455,64 | 1 156 | 999 | 1 504 | 1 299 | 454,29 | 426,19 | 1 500 | 355,7 | 85,4 |
| | V 11-20 | 11.05.1903 | 19 976 | 455,63 | 2 010 | 1 737 | 1 400 | 1 210 | 454,58 | 426,01 | 1 396 | 336,9 | 80,9 |
| | V 21-31 | 21.05.1903 | 20 503 | 455,65 | 2 488 | 2 365 | 1 400 | 1 331 | 454,68 | 426,01 | 1 396 | 338,0 | 89,2 |
| | VI 1-10 | 01.06.1903 | 21 537 | 455,68 | 3 201 | 2 766 | 1 400 | 1 210 | 454,83 | 426,01 | 1 396 | 339,9 | 81,6 |
| | VI 11-20 | 11.06.1903 | 23 093 | 455,73 | 3 919 | 3 386 | 1 400 | 1 210 | 455,01 | 426,01 | 1 396 | 342,0 | 82,1 |
| | VI 21-30 | 21.06.1903 | 25 269 | 455,80 | 2 886 | 2 494 | 1 400 | 1 210 | 455,15 | 426,01 | 1 396 | 343,6 | 82,5 |
| | VII 1-10 | 01.07.1903 | 26 553 | 455,84 | 2 193 | 1 895 | 1 483 | 1 281 | 455,14 | 426,16 | 1 479 | 361,9 | 86,9 |
| | VII 11-20 | 11.07.1903 | 27 167 | 455,86 | 2 163 | 1 869 | 1 464 | 1 265 | 455,20 | 426,12 | 1 460 | 358,5 | 86,1 |
| | VII 21-31 | 21.07.1903 | 27 771 | 455,88 | 2 381 | 2 263 | 1 454 | 1 382 | 455,26 | 426,11 | 1 450 | 357,1 | 94,3 |
| | VIII 1-10 | 01.08.1903 | 28 652 | 455,91 | 2 582 | 2 231 | 1 448 | 1 251 | 455,33 | 426,10 | 1 445 | 356,7 | 85,6 |
| | VIII 11-20 | 11.08.1903 | 29 632 | 455,94 | 2 652 | 2 291 | 1 445 | 1 248 | 455,40 | 426,09 | 1 441 | 356,7 | 85,6 |
| | VIII 21-31 | 21.08.1903 | 30 675 | 455,97 | 2 302 | 2 188 | 1 439 | 1 368 | 455,47 | 426,08 | 1 436 | 356,4 | 94,1 |
| | IX 1-10 | 01.09.1903 | 31 495 | 456,00 | 2 124 | 1 835 | 1 444 | 1 247 | 455,51 | 426,09 | 1 440 | 357,9 | 85,9 |
| | IX 11-20 | 11.09.1903 | 32 083 | 456,02 | 2 064 | 1 783 | 1 447 | 1 250 | 455,54 | 426,09 | 1 444 | 359,0 | 86,2 |
| | IX 21-30 | 21.09.1903 | 32 615 | 456,04 | 1 068 | 923 | 1 443 | 1 246 | 455,55 | 426,09 | 1 439 | 358,1 | 85,9 |
| | X 1-10 | 01.10.1903 | 32 292 | 456,03 | 181 | 156 | 1 437 | 1 242 | 455,51 | 426,08 | 1 434 | 356,4 | 85,5 |
| | X 11-20 | 11.10.1903 | 31 206 | 455,99 | -316 | -273 | 1 427 | 1 233 | 455,44 | 426,06 | 1 424 | 353,2 | 84,8 |
| | X 21-31 | 21.10.1903 | 29 700 | 455,94 | 148 | 141 | 1 420 | 1 349 | 455,35 | 426,04 | 1 416 | 350,4 | 92,5 |
| | XI | 01.11.1903 | 28 492 | 455,90 | 253 | 656 | 1 412 | 3 660 | 455,21 | 426,03 | 1 409 | 347,1 | 249,9 |
| | XII | 01.12.1903 | 25 487 | 455,81 | -690 | -1 848 | 1 356 | 3 632 | 454,90 | 425,93 | 1 352 | 330,9 | 246,2 |
| I | 01.01.1904 | 20 007 | 455,64 | 208 | 557 | 1 302 | 3 486 | 454,59 | 425,83 | 1 298 | 315,2 | 234,5 | |
| II | 01.02.1904 | 17 078 | 455,54 | 325 | 814 | 352 | 882 | 455,40 | 425,28 | 349 | 88,7 | 61,7 | |
| III | 01.03.1904 | 17 010 | 455,54 | 443 | 1 187 | 443 | 1 187 | 455,35 | 425,28 | 439 | 111,6 | 83,0 | |
| IV | 01.04.1904 | 17 010 | 455,54 | 887 | 2 299 | 887 | 2 299 | 455,04 | 425,28 | 883 | 222,1 | 159,9 | |

Рисунок 3 – Фрагмент таблицы расчета

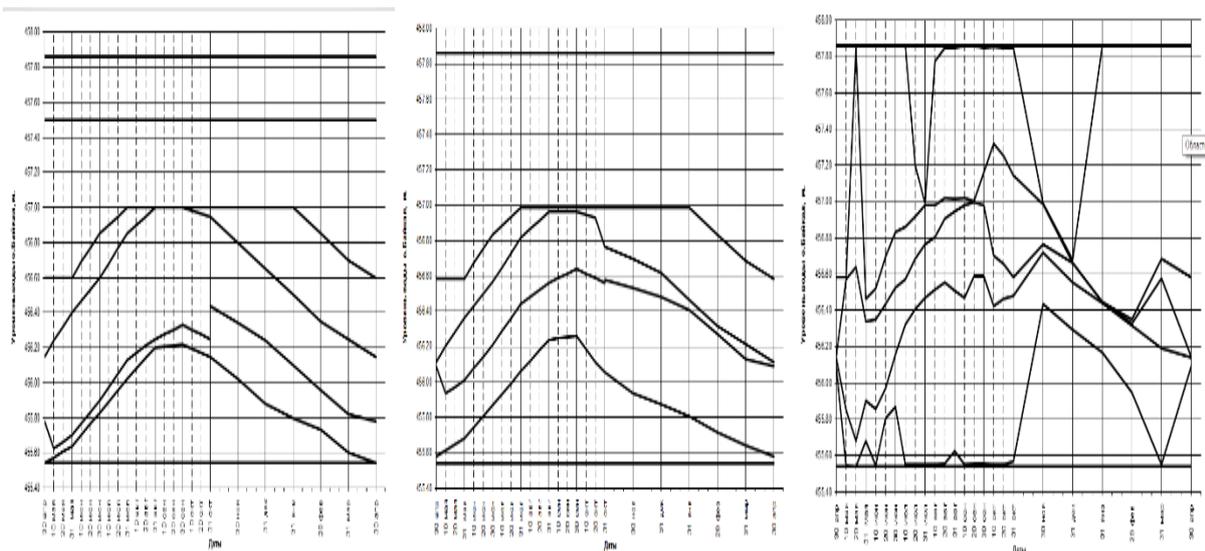


Рисунок 4 – Конфигурации рекомендуемых ДГ

Таблица 1 – Показатели надежности выполнения требований водопользователей

| Критерии - Иркутское водохранилище | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Диапазон уровней 457.23 455.8 м | Пре-дельный допустимый диапазон | Диапазон колебаний [0.8, 0.9] м | При-рост уровня в сутки, 0.01 м | Транс-порт 1500 м ³ /с с мая по окт | Сани-тарный 1250 м ³ /с | Проти-вопа-водко-вый 4420 м ³ /с | Гаран-тиро-ванная мощ-ность 376 МВт | Нор-мальная работа водоза-боров 454 м | Недо-усти-мый напор, менее 26 м |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

5. Диспетчерский график 1988 ПИВР, ряд до 2015 г, 4420 м³/с

| | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|--------|-------|---------|-------|------|------|
| 43 | 511 | 66 | 108 | 43 | 1 | 25 | 55 | 11 | 15 |
| 9 | 70 | 66 | 56 | 6 | 1 | 6 | 14 | 4 | 3 |
| 91% | 37% | 41% | 50% | 94% | 98% | 94% | 87% | 96% | 96% |
| 98% | 81% | 98% | 96% | 98% | 99% | 100% | 92% | 100% | 99% |
| 0.30 | 0.43 | 0.52 | 0.01 | 217.13 | 17.13 | 1308.00 | 73.81 | 0.96 | 2.28 |

7. "Оптимальный" по ДГ 1988 ПИВР, ряд до 2015 г, компромиссный

| | | | | | | | | | |
|------|------|--------|------|--------|------|--------|-------|------|-------|
| 23 | 351 | 55 | 104 | 110 | 0 | 16 | 178 | 2 | 2 |
| 5 | 69 | 55 | 55 | 13 | 0 | 3 | 51 | 2 | 2 |
| 95% | 38% | 50% | 50% | 88% | 99% | 96% | 54% | 97% | 97% |
| 99% | 87% | 98% | 96% | 94% | 100% | 100% | 73% | 100% | 100% |
| 0.25 | 0.48 | 0.51 | 0.01 | 200.00 | 0.00 | 714.07 | 69.18 | 0.75 | 0.29 |
| 1 | 8000 | 100000 | 200 | 400 | 100 | 40000 | 200 | 100 | 10000 |

11. "Оптимальный-произвольной конфигурации» по ДГ 1988 ПИВР, ряд до 2015 г, компромиссный

| | | | | | | | | | |
|------|------|--------|------|--------|------|--------|-------|------|-------|
| 22 | 282 | 58 | 78 | 58 | 0 | 13 | 352 | 2 | 0 |
| 5 | 48 | 58 | 47 | 7 | 0 | 2 | 81 | 2 | 0 |
| 95% | 57% | 48% | 58% | 93% | 99% | 97% | 27% | 97% | 99% |
| 99% | 89% | 98% | 97% | 97% | 100% | 98% | 48% | 100% | 100% |
| 0.25 | 0.50 | 0.47 | 0.01 | 100.00 | 0.00 | 685.79 | 69.91 | 0.48 | 0.00 |
| 1 | 8000 | 100000 | 1000 | 20000 | 100 | 40000 | 1000 | 100 | 10000 |

Список использованных источников

1. Методические указания по разработке правил использования водохранилищ (приказ МПР РФ от 26 января 2011 года N 17);
2. Основные правила использования водных ресурсов водохранилищ Ангарского каскада ГЭС (Иркутского, Братского и Усть-Илимского), 1988 г.;
3. Проект «Правила использования водных ресурсов Иркутского водохранилища и озера Байкал» (2007 г.);
4. Проект «Правила использования водных ресурсов Иркутского водохранилища и озера Байкал» (2013 г.);
5. Асарин А.Е., Бестужева К.Н. Водноэнергетические расчеты. М.: Энергоатомиздат, 1986. 224 с.;
6. Loucks D.P, van Beek E. Water resources systems planning and management. An introduction to methods, models and applications. Paris: UNESCO Publishing, 2005. 680 pp.;
7. Castelletti A., Pianosi F., Soncini-Sessa R. Water reservoir control under economic, social and environmental constraints // Automatica. 2008. Vol. 44. pp. 1595–1607.;
8. Бубер А. Л. Оперативное управление водными ресурсами водохранилищ Ангаро-Енисейского каскада ГЭС: безопасность, поддержка принятия решений, оптимальное управление

// Роль мелиорации в обеспечении продовольственной и экологической безопасности России : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Москва. 2009. С. 26-32.;

9. Лотов А.В., Рябиков А.И. Бубер А.Л. «Разработка правил управления ГЭС с использованием визуализации границы Парето» - IV Московская международная конференция по исследованию операций (om2010) – Москва, 19-23 октября, 2010;

10. Лотов А.В., Рябиков А.И. Бубер А.Л. «Визуализация границы Парето при разработке правил управления ГЭС», Искусственный интеллект и принятие решений. 2013. № 1;

11. Бубер А.Л. Разработка гармонизированных диспетчерских графиков управления каскадом ГЭС, удовлетворяющих компромиссным решениям заинтересованных водопользователей (на примере Ангарского каскада ГЭС). Всероссийская научная конференция «Устойчивость водных объектов, водосборных и прибрежных территорий; риски их использования». Калининград, 25 - 30 июля 2011 г.

12. Болгов М.В., Бубер А.Л., Коробкина Е.А., Лотов А.В., Рябиков А.И. «Об оценке надежности ангарской водохозяйственной системы». Всероссийская научная конференция «Вода и водные ресурсы»: системообразующие функции в природе и экономике». Цимлянск, 23 - 28 июля 2012 г.

УДК 631.95:502.51 (285)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАПАДНЫХ ПОДСТЕПНЫХ ИЛЬМЕНЕЙ

А.А. Бубер

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

Экологическая обстановка Нижней Волги. До постройки волжской ГЭС значительная часть Западных подстепных ильменей (ЗПИ) затапливалась. Волжские воды почти ежегодно при весеннем подъёме горизонтов в паводковый период устремлялись по цепочке ильменей и ериков на запад территории, сроки добегания паводковых вод составляли до 2-х месяцев. По мере спада уровня, вода постепенно сходила с территории, но в ильменных замкнутых понижениях она оставалась до осени, а в ряде случаев - до следующего паводка. В некоторых ильменах вода искусственно задерживалась с помощью земляных перемычек.

Южная часть ЗПИ была подвержена периодическим нагонным явлениям со стороны Каспийского моря, и в ильмени «нагонялась» волжская пресная вода. Вследствие периодических затоплений, соли с поверхности почвы частично смывались, а частично «вмывались» в более глубокие горизонты. На больших площадях почвогрунты насыщались влагой, что было предпосылкой для бурного роста луговой растительности. Значительная часть территории ЗПИ представляла собой богатейшие пастбищные и сенокосные угодья.

Сельское хозяйство ЗПИ сложилось в условиях естественного затопления. В прошлом зона ЗПИ была экономически процветающим животноводческим, бахчеводческим, а также рыбопромысловым районом. В течение весны и лета многие цепочки ильменей были судоходными. Исторически сложившиеся в ЗПИ нормы ведения хозяйства являлись результатом своеобразия природных условий и влияния р. Волги.

В 40-50-е годы в связи с понижением уровня Каспия на 2 м, зарегулированным стоком Волги, строительством железной дороги Астрахань - Кизляр и автодороги Астрахань - Лиман, прекратились нагоны пресной воды в южной части ЗПИ, полностью прекратилась проточность ильменей западнее меридиана, соответствующего с. Линейное. Площадь акватории ильменей сильно сократилась. Зарегулирование Волги привело к сокращению количества и продолжительности паводковых

затоплений, ильменная система больше не получает необходимого объема пресной воды, несмотря на строительство оросительно-обводнительных трактов и попытки наполнения ильменей пресной водой. В этот период происходит интенсивное засоление западной части региона, которое проявляется в образовании замкнутых солёных озёр и мокрых солончаков. В результате продуктивность и площадь кормовых угодий в ЗПИ резко сократились, затопление ЗПИ прекратилось практически полностью.

В соответствии с ожидавшимися изменениями гидрологического режима, ещё в период проектирования Нижне-Волжских гидроузлов, предусматривалось коренное мелиоративное переустройство как Волго-Ахтубинской поймы (ВАП) и дельты Волги, так и ЗПИ. Однако это переустройство в ЗПИ выполнено в незначительном объеме. В современных условиях для затопления межбугрового пространства в ильменах на 60 % требуются расходы 55 тыс. м³/с. При расходах менее 15 тыс. м³/с эти территории вовсе не затапливаются. ЗПИ обводняются *только в многоводные годы в пределах узкой Прибахтемирской полосы*. Ильмени усыхают и уже давно потеряли свое рыбопромысловое значение, резко упала продуктивность их кормовых угодий из-за остепенения земель, засоления и заболачивания межбугровых понижений.

В гидрогеологическом отношении ЗПИ являются водоприемником-аккумулятором минерализованных грунтовых вод, поступающих с окружающих степных территорий. Бессточность грунтовых вод обусловлена подпором их со стороны Волги и Каспия. Единственная расходная статья баланса грунтовых вод - испарение, вызывающее подъем солей к поверхности и прогрессирующее засоление почвогрунтов.

В 1959 г. в Схеме использования водных ресурсов Нижней Волги (Южгипроводхоз) предлагалось создать в ЗПИ сеть рыбообразных прудов на площади до 60 тыс. га с периодическим их осушением и использованием промытого ложа под посевы кормовых культур. В 1973-1974 гг. из-за отказа рыбохозяйственных органов от прудового рыбоводства в ЗПИ, Южгипроводхоз пересмотрел схему их использования и предложил создать здесь 6 оросительно-обводнительных систем с сетью коллекторов, обеспечивающей осушение значительной части ильменей и общее понижение уровня минерализованных грунтовых вод. ГЭК Госплана СССР одобрил предложение Южгипроводхоза. Однако его осуществление осталось не реализованным. К концу 1970-х годов на территории ЗПИ были построены отдельные оросительно-обводнительные тракты - это прокопы, соединяющие собственно ильмени, превращенные в испарители. Расположенные рядом с "водными трактами" ильменные понижения из-за подъема соленых грунтовых вод или уже превратились или превращаются в мокрые солончаки.

По состоянию на начало 1981 г. в ЗПИ из 19 ранее намеченных водных трактов было построено только 10, из которых 7 работало на передвижных тепловых насосных станциях. Коллекторы не строились совсем. В результате территория ЗПИ продолжала усиленно засоляться. Систематическая водоподача из р. Бахтемир по этим трактам без устройства дренажа и бессистемное освоение земель под орошение ещё больше обострили мелиоративную обстановку. С конца 80-х годов прекратилось поступление воды из р. Бахтемир по построенным оросительно-обводнительным трактам вглубь территории ЗПИ из-за отсутствия финансирования каскада насосных станций.

В современных условиях экономика в пределах ЗПИ отличается резко выраженными экстенсивными формами сельхозпроизводства. Площадь сельхозугодий -

692 тыс. га, в т. ч. пашней занято 4 %, сенокосами и пастбищами – около 96 %. Орошаемой пашней, используемой под бахчевые и кормовые культуры, занято 22,4 тыс. га, из которых только на 4,3 тыс. га построены инженерные системы. Остальная площадь сельхозугодий – это малопродуктивные сенокосы и пастбища. 80 % орошаемых земель – это 400 отдельных участков с площадью в среднем около 40 га с временной оросительной сетью, разбросанных по всей территории зоны.

По данным Астрахангипроводхоза для орошения 22,4 тыс. га в современном состоянии подается 65 м³/с. После одного-трёх лет орошения участки выходят из строя: на буграх – из-за злостного сорняка бахчевых *Ogobanche* (Заразиха) в связи с отсутствием севооборотов, в межбугровых понижениях и степной части – из-за засоления. Затем участки забрасываются, а вместо них осваиваются новые. Заброшенные участки обычно подвержены ветровой эрозии и практически полностью выпадают из сельхозиспользования. Таким образом, здесь, по существу, происходит систематическое уничтожение сельхозугодий и непроизводительная трата воды. Большинство участков, расположенных на вершинах и склонах бэровских бугров и пригодных для сельхозиспользования, практически уже выведены из строя. Земли очень трудны в освоении и эксплуатации.

Интенсификация сельскохозяйственного производства в зоне ЗПИ в сложившихся условиях возможна за счет значительных капиталовложений на базе развития регулярного орошения, обводнения и улучшения естественных кормовых угодий при условии оздоровления мелиоративной обстановки всего района и поддержания её на уровне, существовавшем в период стихийных паводковых затоплений.

В составе Схемы комплексного использования и охраны водных и связанных с ними рыбных и земельных ресурсов Нижней Волги, р. Ахтубы, р. Урала и Северного Каспия (Союзводпроект, Ленводпроект, 1982 г.) была предложена система дренирования территории ЗПИ: локальная дренажная сеть оросительных систем подключается к крупным межхозяйственным коллекторам, трассы которых должны были проходить между существующими водными трактами (рис. 1). С учётом перспективы мелиоративного освоения ирригационного фонда в зоне намечалось осуществить строительство 8 межхозяйственных коллекторов. Дренажно-сбросные воды по системе межхозяйственных коллекторов должны были поступать в Главный коллектор (ГК), трасса которого намечалась вдоль железной дороги Астрахань-Кизляр через заливы Харбата, Мочетный проран и Торбаевский затон к Каспийскому морю.

Таким образом, представляется, что проведение намеченного ранее комплекса мелиоративных работ, их корректировка с учетом фактической природно-хозяйственной ситуации в ЗПИ, может значительно улучшить эколого-мелиоративную обстановку в этом регионе. Сокращения потерь на испарение с акватории Северного Каспия на 1-2 км³ можно достичь, сократив подачу волжской воды вглубь зоны Западных подстепных ильменей для орошения нескольких десятков гектаров мелких «кочующих участков». Для всей территории ЗПИ, кроме Прибахтемирской полосы, сельскохозяйственное освоение земель *нецелесообразно* ввиду интенсивного вторичного засоления земель.

Для Прибахтемирской зоны всего 6 % территории занимают благоприятные для использования земли: незасоленные и несолонцеватые чернозёмы южные, каштановые, от тёмных до светлых, местами в комплексе с лугово-каштановыми почвами, бурые пустынно-степные почвы. Их рекомендуется использовать под пашню с регулярным орошением. Строительство дренажа потребует спустя не-

сколько лет после начала орошения. Для определения сроков строительства дренажа следует организовать наблюдения за подъёмом уровня грунтовых вод.

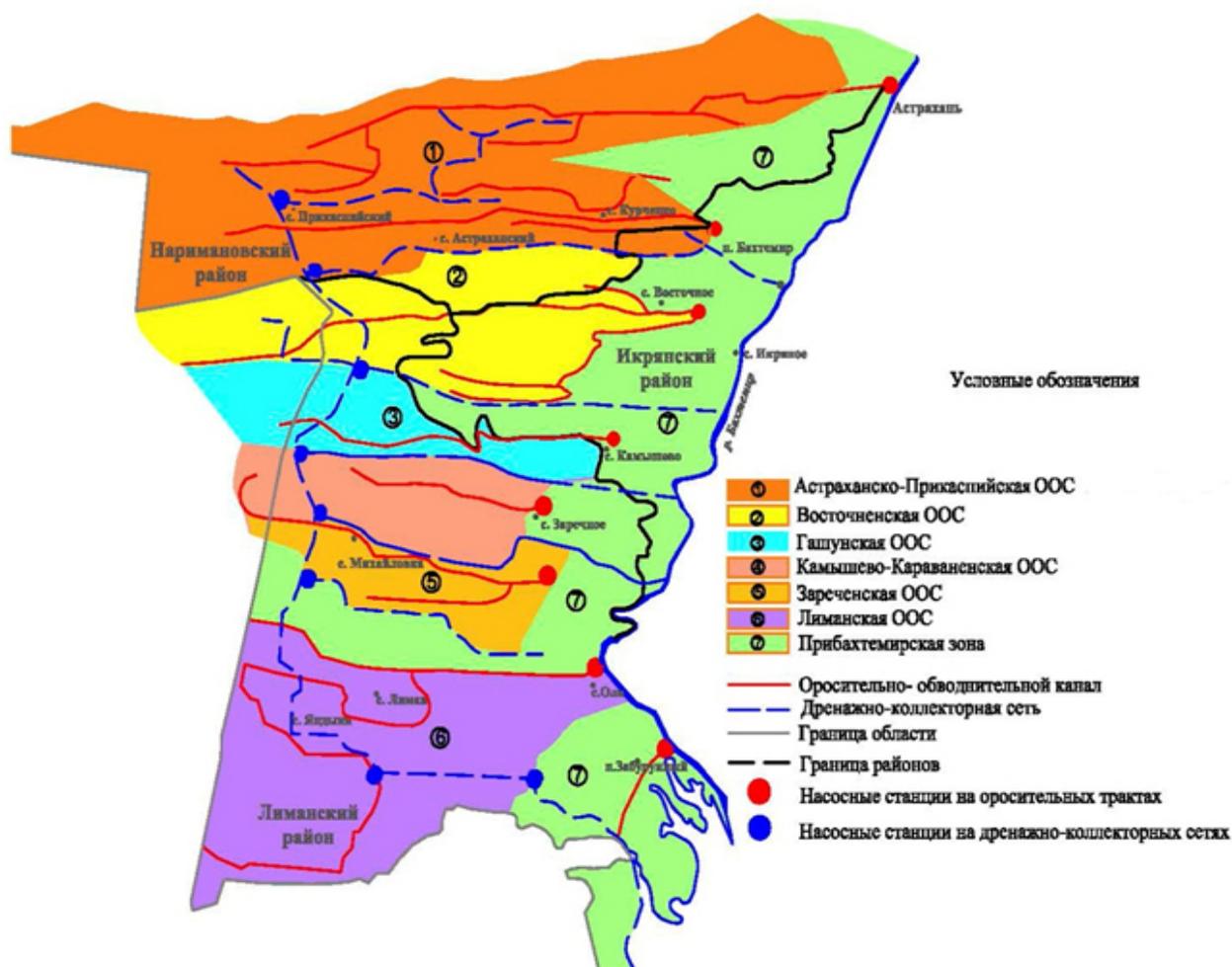


Рисунок 1 - Схема дренажирования территории ЗПИ

Для развития орошения в зоне Западных подстепных ильменей необходимо обоснование и создание сети глубокого дренажа, промывного режима орошения (систематических капитальных промывок), ликвидация фильтрации из каналов, длительная агробиологическая мелиорация солонцов и внесение повышенных доз удобрений. Решающим фактором в комплексе мероприятий по оздоровлению мелиоративной обстановки является создание эффективно действующей сети коллекторов, обеспечивающей общее понижение уровня минерализованных грунтовых вод с обязательным централизованным отведением дренажно-сбросных вод за пределы зоны.

Для обоснования требуемого объема водоподачи в ЗПИ в лаборатории компьютерного моделирования ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова была разработана гидрологическая модель Нижней Волги от с. Верхне-Лебяжьего до акватории Каспийского моря в среде MIKE 11 (рис. 2).

Модель состоит из нескольких компонентов: р. Волга, левобережные протоки (рукава) – Бузан, Прямая Болда, Царев, Камызяк, Каныча, правобережные протоки (рукава) - Бахтемир, Ерик Хурдун, Хурдун, Большая Кара, Бакланенок, Ямная, Старая Волга. В точке бифуркации (р. Волга, рук. Бузан) установлен вододеливатель, предназначенный для обводнения дельты, который практически не используется.

Модель позволит проанализировать и назначить оптимальные мероприятия

для решения задач водообеспечения дельты и ЗПИ. В решаемые на основе моделирования задачи входит определение необходимого объема воды, как в самотечном режиме, так и в режиме подкачки насосными станциями для обводнения ЗПИ, нерестилищ, наполнения ильменей, для обеспечения высоких промывных норм для рассоления солонцов, обеспечения необходимых высотных отметок рук. Бахтемир для прохождения речного транспорта. Будет выполнена оценка технических параметров ГТС. В данный момент модель проходит стадию калибровки на основе данных наблюдений за расходами и уровнями воды для водопостов: с. Верхне-Лебяжье, г. Нариманов, г. Астрахань, рук. Бахтемир исток, с. Икражное, с. Оля.

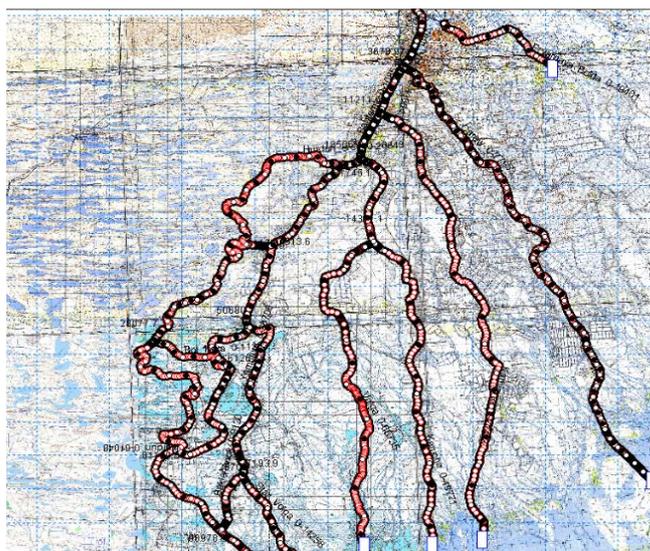


Рисунок 2 - Модель речной сети дельты Волги с поперечными сечениями в среде MIKE 11

Список использованных источников

1. Русанов Н.В., Бухарицин П.И, Беззубиков Л.Г. Волго-Каспийский морской судоходный канал – современное состояние проблемы и пути их решения, Конференция АФ ФГУП Росморпорт, Астрахань, 2015
2. ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса РФ в 2012-2020 годах», ГК от 13 сентября 2013 года №10-ГК/ФЦП-2013, Москва 2015,
3. Горелиц О.В., Землянов И.В. Современный механизм заливания территорий Волго-Ахтубинской поймы в период половодья (в пределах Волгоградской области). // В сб. «Научный потенциал регионов на службу модернизации». ГАОУ АО ВПО «АИСИ», – № 2 (5). Спецвыпуск. С.9-18. Астрахань 2013.

УДК 631.445.152

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЛИВНЫХ ЛУГОВ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ

Бубер А.А., Лурье М.В.

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

По территории Нижней Волги выполнено большое количество научных исследований, включая полевые изыскания, и предпроектные работы, посвященные возможности использования и охране уникального комплекса Волго-Ахтубинской поймы (ВАП). Эти вопросы рассматривались в схемах Союзводпроекта, Ленгипроводхоза, Союзгипроводхоза [1, 2, 3, 4], а также в различных федеральных целевых

программах («Возрождение Волги», «Обеспечение населения России питьевой водой», «Противопагодковые мероприятия», Национальная программа «Вода России XXI век» и др.). Наиболее значительные научные исследования в бассейне Нижней Волги были выполнены Прикаспийской экспедицией МГУ в 60-е годы: изучались почвенные условия, растительность и кормовые ресурсы и давались рекомендации по их использованию для различных сочетаний пастбищных кормов и сенокосных угодий [5]. Результаты проведенных полевых исследований экспедиции МГУ не потеряли актуальность и в настоящее время и имеют практическое значение при прогнозировании развития сельского хозяйства и мелиорации в регионе.

Основные типы хозяйств: скотоводческо-зерновые и скотоводческо-зерновые с развитым садоводством - в северной части Волго-Ахтубинской долины; садово-огородные с животноводством - по левому берегу Ахтубы на участках Верхне-Ахтубинское, Капустин Яр и Сасыколи Харабали; скотоводческие с подсобным земледелием - в средней и южной частях Волго-Ахтубинской долины и в придельтовых ильменах; садово-огородные с бахчеводством - в прилегающих к Астрахани селениях дельты и придельтовых ильменей; рыболовецко-животноводческие - в казачьих станицах южной части Волго-Ахтубинской долины; рыболовецкие - преимущественно в дельте Волги. Растениеводство в регионе основывается на поливном земледелии.

С точки зрения пригодности под поливное земледелие, почвенный покров пустынно-степной части Прикаспия включает несколько почвенно-мелиоративных групп. Светло-каштановые и бурые пустынно-степные суглинистые почвы могут быть использованы под посевы различных культур, отличаясь малым содержанием гумуса, они положительно реагируют на внесение в них удобрений. При планировке необходимо внесение навозного или компостного и бактериального удобрения и желательна заправка зеленых удобрений.

Супесчаные разности почв, отличаются малой влагоемкостью и высокой фильтрационной способностью, малым содержанием гумуса, поэтому следует вносить в них навоз, компост и другие органические удобрения. На этих почвах не рекомендуется посев риса и других влаголюбивых культур.

Почвы лиманов, солонцеватые разности светло-каштановых и бурых пустынно-степных почв в комплексе с солонцами от 25 до 70 %, а также бурые пустынно-степные и реже светло-каштановые почвы в комплексе с солонцами и солончаками от 25 до 50 % могут быть использованы при орошении. Использование этих почв сопряжено со строительством дренажной сети и специального коллектора, способного обеспечить отвод в Каспий промывных, дренажных и частично поверхностных засоленных вод.

Ильмени представляют звенья многочисленных протоков, заполняющиеся во время половодий пресными водами и превращающиеся в мелководные озера. Большая часть последних в настоящее время редко заливается полыми водами и, постепенно обсыхая, превращается в солончаки, количество которых нарастает при движении на запад. Процесс пересыхания ильменей прогрессирует. Луговые слоистые, луговые и лугово-лесные почвы пригодны для возделывания риса, а также различных огородных и садовых культур. Все почвы, формирующиеся в условиях временного избыточного увлажнения (лугово-болотные, лугово-лиманские слитые и частично болотные почвы) при создании дренажной сети можно использовать под орошение и возделывание овощей, трав и некоторых технических культур. Расположение низовьев Волги в зоне полупустыни с малым количеством осадков и

жарким летом делает условия произрастания растений суровыми. В период половодья на поверхности поймы устанавливается режим избыточного увлажнения, но через 1–1,5 месяца после спада воды, когда влага в почве иссякает, уровень грунтовых вод резко понижается, и характер увлажнения становится сходным с окружающей полупустыней. Растения должны быть приспособлены к длительному затоплению и связанному с ним избыточному увлажнению, и к засухе.

Большое влияние на формирование экологических условий на отдельных участках поймы имеет рельеф, а главное - положение данного участка над меженным уровнем протоков или ериков, влияющих на длительность затопления, застой или быстрый спад полых вод, и на глубину залегания грунтовых вод после половодья. Поэтому выделяют три уровня в пределах поймы и дельты: *высокий, средний и низкий*. На пойме высокого уровня Волго-Ахтубинской долины формируются остепненные и сухие луга, на пойме среднего уровня - влажные, сыроватые и сырые луга, на пойме низкого уровня - болотные луга и болота. Названные уровни поймы залегают на различной высоте по отношению к меженному уровню реки. Изменения растительного покрова после зарегулирования стока Волги связаны с особенностями режима затопления пойменных лугов. Для характеристики этого режима важным показателем служит вероятность затопления до определённого уровня поймы, что является решающим фактором, определяющим урожайность сенокосов и пастбищ.

В условиях естественного стока, подъем воды в реке и затопление лугов низкого уровня происходили в конце апреля - в первых числах мая. Выход воды на основные массивы поймы - луга среднего уровня (внутренняя, центральная пойма) наступал в начале мая, в период интенсивной вегетации трав. В это время средняя суточная температура воздуха достигала +15°. Разница во времени начала наступлений половодий на лугах среднего уровня в северных и южных частях поймы равнялась одной неделе. Подъем воды, обеспечивающий полное затопление всех лугов среднего уровня, происходил в течение 2–2,5 недель. Разница в датах выхода лугов среднего уровня из-под воды между северной и южной частями поймы равнялась двум неделям. Луга низкого уровня освобождались из-под воды в первой половине июля - в северной части поймы и во второй половине июля - ее южной части. Луга высокого уровня затоплялись 3–6 раз в десятилетие и были под водой 15–30 дней. Луга среднего уровня затоплялись почти ежегодно на 45–75 дней и более.

После постройки гидроузлов на Волге и Каме, особенно после ввода в эксплуатацию в 1959 г. Волгоградской ГЭС, режим половодий (специальные попуски) существенно изменился. Весенний подъем воды начинается в те же сроки или на 2–3 дня раньше, чем в естественных условиях. Но пик половодья проходит на 10–15 дней раньше, а спад воды происходит значительно скорей. В северной части поймы на 20–30 % сократилась обеспеченность затопления лугов среднего уровня. В южной части ВАП и дельте р. Волги снизилась обеспеченность затопления лугов высокого и среднего уровня. Длительность затопления лугов среднего уровня сократилась примерно на 12–15 дней, низкого - на 20–22 дня. За счет перераспределения годового стока увеличились меженные уровни, особенно в предполоводный период. В результате в декабре-марте происходит затопление части лугов низкого уровня, чего в естественных условиях не было. Наиболее продуктивная часть сенокосных угодий удовлетворительно затопливается при расходах воды 25 тыс. м³/с и более в большинстве лет (P=80 % при естественном режиме).

Регулирование стока в водохранилищах Волжско-Камского каскада увеличило неравномерность весеннего затопления ВАП и волжской дельты и значительно уменьшило величину и продолжительность стояния максимальных расходов. При этом необходимое затопление может быть обеспечено лишь в 35 % лет. Затопление западных подступных ильменей (ЗПИ) прекратилось практически полностью. В период проектирования Нижне-Волжских гидроузлов предусматривалось коренное мелиоративное переустройство ВАП, дельты Волги и ЗПИ в соответствии с ожидавшимися изменениями гидрологического режима. Однако это переустройство до сего времени осуществлено в западной дельте лишь на 50-65 %, а в пойме и ЗПИ - в значительно меньшем объеме.

Для большей части лугов среднего уровня необходимая длительность затопления – две недели, но не более 30 дней. Для лугов высокого экологического уровня достаточно затопление в 13-15 дней. Луга низкого уровня желательно не затоплять более чем на 30 дней - это способствовало бы подавлению грубых плохо поедаемых растений и развитию ценных кормовых трав. Но сброс воды с поймы низкого уровня во многих случаях трудно осуществить.

По материалам исследований, возможные ежегодные валовые урожаи сена с естественных сенокосов и сбор пастбищного корма (в сухой массе) без дополнительных агротехнических мероприятий могли бы составить в ВАП: сено - 382 тыс. т, пастбищный корм – 143 тыс. т; в дельте Волги и ЗПИ: сено – 446 тыс. т, пастбищный корм – 278 тыс. т [5]. Примерная урожайность лугов ВАП приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Примерная урожайность лугов ВАП (в ц/га сена или поедаемого пастбищного сухого корма)

| Типы лугов по современным экологическим уровням поймы | Урожайность, ц/га | | | |
|---|---------------------------|----------|---|----------|
| | при нормальном затоплении | | в годы без затопления соответствующих уровней поймы | |
| | Сенокос | Пастбища | Сенокос | Пастбища |
| Остепненные и сухие луга поймы высокого уровня | 7 | 6,5 | 3 | 5 |
| Влажные и сырые луга поймы среднего уровня | 13 | 11 | 4 | 5 |
| Болотистые луга поймы низкого уровня | 20 | 15 | 12 | 11 |
| Отава сенокосов | | 3 | | 1,5 |

Всего в Волго-Ахтубинской долине (без дельты), занимающей площадь 771 тыс. га, имеется 348 тыс. га (45 % от всей площади долины) сенокосов и 108 тыс. га (14 %) пастбищ. Возможные сборы сена с этих площадей исчисляются в 4,4 млн ц, а пастбищных кормов (выраженных в сене) вместе с отавой сенокосов и предзаливным использованием сенокосов на выпас - 1,9 млн ц, всего же кормов - 6,3 млн ц. Средняя урожайность сенокосов 12,6 ц/га, а, если их своевременно убирать и полностью выкашивать заболоченные участки, средняя урожайность этих сенокосов близка к 15 ц/га. В годы полного отсутствия затопления поймы можно получить около 2,7 млн ц кормов.

Пойменные пространства ВАП и дельты Волги выделяются как земли с особенно ценными свойствами для развития луговодства, овощеводства и выращивания

ния технических культур. Пойма представляет собой территорию со специфически ограниченными возможностями сельскохозяйственного использования, так как затопление полыми водами, вызывающее отложение ила и промачивание почвы, делает невозможным возделывание некоторых групп растений, которые не являются выносливыми к затоплению.

Для ВАП характерны позднее наступление и длительность половодья, обуславливающие использование лугов в два периода: весной (до разлива вод) и в летне-осеннее время (после спада вод). Выпасной период прерывается половодьем, а характер травостоя лугов более благоприятствует их использованию в качестве сенокосов, чем в качестве пастбищ. С точки зрения земледелия поздние половодья означают, что использование климатического потенциала оказывается возможным лишь при ограждении валами культивируемых участков от затопления. Волго-Ахтубинская долина пересекает полупустынные пространства Прикаспийской низменности, где климатические условия не благоприятствуют развитию земледелия без искусственного орошения, где нет существенных местных источников для орошения земель и где трудно обеспечить необходимые запасы стойловых кормов из-за малой мощности травостоя. В связи с этим ВАП в очень большой мере выполняет функцию территории, дополняющей угодья пустынной степи.

Северный участок ВАП (около 3 % всей площади ВАП) – уклон хозяйства в сторону пригородного овощеводства и развития молочного хозяйства. Вся культивируемая площадь располагается в пределах поймы. Главные для этого района товарные культуры – овощные, плодовые, бахчевые, а также зерновые хлеба и кормовые культуры – возделываются преимущественно в пределах обвалованных участков. В то же время важнейшие кормовые угодья находятся за пределами валов. Пойменные луга дают основную часть грубого стойлового корма. На них ведется и выпас скота в период до и после половодья. В довольно длительный период затопления поймы, а затем в течение того времени, пока не скошены пойменные луга, скот на пойменных лугах пасти нельзя.

По мере удаления от Волгограда сельскохозяйственное производство строится на основе использования сочетания пойменных лугов с внепойменными, пустынно-степными угодьями. Построение хозяйства на основе комплекса угодий, включающего и пойменные, и пустынно-степные земли, при первостепенном значении пойменных земель наблюдается в значительной части Волгоградского пригородного района, в пределах Средне-Ахтубинского и Ленинского районов. Отношение пойменной части земель к степной части колеблется здесь между 1:4 и 1:3. Доля обвалованных земель в пределах поймы составляет около одной десятой части. Подавляющую часть пойменных угодий занимают сенокосы. Пойменные луга используются для выпаса скота после снятия укоса, а также ранней весной, до половодья. На пустынно-степных землях располагаются в основном неполивные пашни, на которых находятся посевы зерновых культур и пастбища. В северной части Волго-Ахтубинской долины встречается другой тип сочетания угодий, в котором основой хозяйства являются угодья пустынной степи. Угодья поймы являются дополнительным элементом. Это наблюдается на левобережье – в северных частях Средне-Ахтубинского и Ленинского районов и на правобережье. Ниже по течению Волги в условиях более сухого климата экономическая эффективность пустынно-степного земледелия без искусственного орошения постепенно уменьшается. Южнее границы Волгоградской и Астраханской областей наблюдается определенный тип организации территории, который господствует на большом протяжении

Волго-Ахтубинской долины. Здесь доля обвалованных земель составляет несколько процентов пойменной площади, подавляющую часть которой составляют луга и очень небольшую - леса. В пределах обвалованных массивов возделываются преимущественно овощные культуры, сады, отчасти бахчевые культуры. Типичным является расположение пашен в близкой к долине части земельного отвода, тогда как удаленные земли используются для выпаса скота и иногда служат естественным сенокосом. На долю поймы приходится от 10 до 20 % площади землепользования. В южной части наблюдается иной характер сочетания угодий - пойменные сенокосы служат дополнением к кормовым угодьям пустынной степи, составляя более устойчивый элемент кормовой базы.

В дельте Волги вблизи Астрахани сложилось сельское хозяйство, основанное на использовании земельных угодий только пойменной территории. Не только у самой Астрахани, но и на значительных расстояниях от города ведется хозяйство, основанное на сочетании угодий обвалованных участков и пойменных лугов. В комплекс угодий в некоторых случаях включаются незатопляемые площади бэровских бугров, отчасти служащие выгоном в период высоких вод, отчасти используемые для культур на основе механического орошения.

В западной части дельты - в районе ЗПИ - дробное чередование ильменей и разделяющих их бэровских бугров создает особые условия территориальной организации сельского хозяйства. Здесь имеет место переплетение заполняемых полыми водами впадин и возвышенных вне пойменных территорий. Условия, в силу которых в этом районе развивалось поливное земледелие на вне пойменных землях, определялось наличием среди пустынной степи большого числа возможных источников орошения в виде ильменей, соединенных протоками. Кормовая база животноводства в районе ЗПИ обеспечивается смежным расположением пустынно-степных и ильменно-луговых угодий. Луговые площади ильменей являются основными сенокосными угодьями и имеют большое значение в качестве пастбищ. Растительный покров бэровских бугров очень скуден, они не обеспечивают выпасами то количество скота, которое обеспечивается сеном ильменных сенокосов. Поэтому скот перегоняется на пастбища пустынной степи, лежащие к западу от района ильменей.

Будущее сельского хозяйства Волго-Ахтубинской долины и дельты Волги зависит от режима попусков из р. Волги. Изменение режима Волги сказывается в первую очередь на кормовых угодьях поймы, на животноводстве и, в меньшей степени, на земледелии, поскольку последнее ведется преимущественно с искусственным орошением на огражденных от затопления участках. По статистическим данным за ряд лет о фактически скашиваемых площадях, пойменное сено в период до регулирования стока заготавливалось на территории около полумиллиона гектаров при средней урожайности около 10 ц/га. Таким образом, луга, увлажняемые разливами Волги, давали около 5-6 млн ц сена. Развитие животноводства в полупустыне напрямую зависит от возможности иметь устойчивые ресурсы стойловых кормов. Сенокосы волжской поймы следует рассматривать как фактор, в существенной степени уберегающий пастбищное пустынно-степное животноводство от периодических катастроф, вызываемых резкими колебаниями урожайности пастбищ полупустыни и отсутствием кормов в годы с мощным снежным покровом и долгой зимой. В связи с изменением режима половодий после введения в действие водохранилищ на пойменных пространствах долины и дельты Волги запасы кормов уменьшились вдвое, примерно на 5 млн ц растительной массы в сухом виде. Пой-

менные луга в сильной степени теряют значение фактора устойчивости кормовой базы.

Выводы

Сохранение уникального комплекса ВАП и повышение возможностей лугововодства, овощеводства, выращивания технических культур и животноводства возможно при проведении мелиоративного переустройства ВАП, в соответствии с изменениями гидрологического режима и попуске через плотину волжской гидростанции расходов воды, которые обеспечили бы затопление важнейшей части затопленных лугов.

Список использованных источников

13. Схема комплексного использования водных, земельных и рыбных ресурсов Нижней Волги, рек Урала и Ахтубы, Северного Каспия. Союзводпроект, М., 1974 г.

14. Уточнение Схемы комплексного использования и охраны водных и связанных с ними рыбных и земельных ресурсов Нижней Волги, р. Ахтубы, р. Урала и Северного Каспия. Ленгипроводхоз, Ленинград, 1982 г.

15. «Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов р. Волги на период до 2010 года». Том 1 «Современное состояние природного комплекса Волжского региона». Союзводпроект, М., 1995 г.

16. «Сбор и анализ материалов предпроектных работ прошлых лет по использованию водных объектов Волго-Ахтубинской поймы», ЗАО ПО «Совинтервод», М., 2014 г.

17. Природа и сельское хозяйство Волго-Ахтубинской долины и дельты Волги. Труды Прикаспийской экспедиции МГУ им. М.В. Ломоносова, М., МГУ 1962.

УДК 631.062.2(477)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ В КАХОВСКОМ МАГИСТРАЛЬНОМ КАНАЛЕ

М.В. Вердыш

ФГБНУ «НИИ сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь, Россия

Главный Каховский магистральный канал – это единый водохозяйственный комплекс, основная составляющая крупнейшей оросительной системы в Европе (Каховской), которая в случае полной реализации проекта могла бы обеспечить орошение сельскохозяйственных угодий на территории Херсонской и Запорожской областей площадью 780 тыс. га. Длина основного русла канала – более 130 км, а вместе с межхозяйственными распределителями составляет более 450 км. Из Каховского магистрального канала получают воду Ивановский и Западный водоводы, которые обеспечивают водоснабжение ряда населенных пунктов Херсонской и Запорожской областей.

Каховская оросительная система (ОС) в целом, и магистральный канал в частности, остаются наиболее технически совершенными в современном водохозяйственно-мелиоративном комплексе Украины. Функционирование Каховской ОС в 2010-2014 гг. характеризуется следующими особенностями:

- техническое состояние системы удовлетворительное – коэффициент полезного действия межхозяйственной сети (КПД) с учётом магистрального канала равен 0,90, закрытой внутрихозяйственной сети – 0,97, в то же время имеет место значительный износ основных фондов;

- уменьшается бюджетное финансирование государственных водохозяйственных предприятий и завершился переход водопользования на принцип платности;

- ухудшилось эколого-мелиоративное состояние орошаемых угодий;

- ежегодно изменяется число сельскохозяйственных водопользователей с малыми по площади орошаемыми участками, что усложняет процесс водораспределения и эксплуатацию системы в целом.

Отдельной проблемой реализации планового водопользования в условиях Каховской ОС является несоответствие организационной структуры управления системы сложившимся социально-экономическим условиям. Согласно проекту единая технологическая система управления Каховской оросительной системы изначально отсутствовала. С переходом на рыночные условия хозяйствования и реформами в аграрном секторе экономики проблема управления оросительной системой остается актуальной. Управление главного Каховского магистрального канала (УГКМК), эксплуатирующее ГНС, магистральный канал и часть точек водовыдела находится в непосредственном подчинении Государственного агентства водных ресурсов Украины. Районные и межрайонные управления водного хозяйства (УВХ), которые находятся в зоне действия магистрального канала и эксплуатируют межхозяйственные распределители и большинство точек водовыдела, являются подразделениями Херсонского (9 УВХ) и Запорожского (2 УВХ) областных управлений водных ресурсов. Структурная разобщенность вызывает дополнительные сложности при подаче и распределении воды, а также в процессе заключения договоров между потребителями и предприятиями водохозяйственно-мелиоративного комплекса.

Основные технико-эксплуатационные показатели предприятий, забирающих воду из Каховского магистрального канала и подающих ее на орошение приведены в таблице 1.

Данные таблицы свидетельствуют о сравнительно высоком уровне использования орошаемых земель, значительной мощности Каховской ОС и высокой интенсивности поливов сельскохозяйственных культур. В то же время, технологическая мощность ГНС используется частично, в 2010-2014 гг. политые земли составляли 65-70 % от общей площади орошения в зоне действия системы и 40 % орошаемых земель на Украине. Средняя оросительная норма в зоне действия Каховской ОС составила 2800 м³/га, а максимальная достигала 4480 м³/га, средняя кратность поливов – 5,7, а в районах интенсивного выращивания сои на массивах, обслуживаемых Каховским УВХ и УГКМК, - до 10 поливов за сезон. В практике водораспределения на Каховской ОС в ряде случаев складывалась ситуация, когда КПД межхозяйственной сети некоторых районных управлений водного хозяйства достигал и превышал значение 1. Это объясняется забором воды не только из рабочего, но и из резервного объема магистрального канала, который образуется благодаря сложной полигональной форме его поперечного сечения, что позволяет накапливать дополнительные объемы воды. Фактические и плановые объемы водоподачи по Каховскому магистральному каналу приведены в таблице 2.

Анализ значений плановых и фактических объемов подачи воды Каховским МК в 2010-2014 гг. позволяет установить, что плановые объемы водоподачи ежегодно плавно увеличивались на 2,0-5,5 % относительно предыдущего года, фактические – увеличивалась скачкообразно от 2,5 до 25 %, а в 2014 г. фиксировалось уменьшение водоподачи на 1 %.

Таблица 1 – Основные технико-эксплуатационные показатели водохозяйственных предприятий в зоне действия Каховской оросительной системы

| Название предприятия | Годы | Фактическая площадь полива, тыс. га | Водоподача, тыс. м ³ | | КПД | Кратность поливов сельскохозяйственных культур | Удельная водоподача, тыс. м ³ /га |
|--|------|-------------------------------------|---------------------------------|--------|------|--|--|
| | | | план | факт | | | |
| Управление главного Каховского магистрального канала | 2010 | 29,28 | 120766 | 95231 | 1 | 5,9 | 3,25 |
| | 2011 | 29,80 | 135063 | 122262 | 1 | 7,9 | 4,10 |
| | 2012 | 29,86 | 145700 | 133813 | 1 | 9,0 | 4,48 |
| | 2013 | 29,70 | 151934 | 127017 | 1 | 8,6 | 4,28 |
| | 2014 | 30,79 | 162994 | 120602 | 1 | 7,3 | 3,92 |
| Каховское УВХ | 2010 | 28,73 | 90925 | 71799 | 0,85 | 7,1 | 2,92 |
| | 2011 | 28,14 | 86903 | 82062 | 0,80 | 9,0 | 3,59 |
| | 2012 | 28,14 | 103849 | 101090 | 0,72 | 9,7 | 3,46 |
| | 2013 | 29,72 | 107145 | 102828 | 0,89 | 10,2 | 4,19 |
| | 2014 | 29,72 | 98147 | 124686 | 0,88 | 8,6 | 3,68 |
| Горностаевское УВХ | 2010 | 17,32 | 60430 | 50323 | 0,99 | 5,5 | 2,62 |
| | 2011 | 17,22 | 59355 | 45472 | 0,98 | 6,9 | 3,39 |
| | 2012 | 17,54 | 52678 | 58468 | 0,95 | 8,1 | 3,73 |
| | 2013 | 17,74 | 48146 | 65447 | 0,99 | 8,5 | 4,25 |
| | 2014 | 17,92 | 48144 | 75390 | 0,97 | 8,2 | 3,89 |
| Новотроицкое УВХ | 2010 | 44,82 | 93264 | 73200 | 0,94 | 3,3 | 1,63 |
| | 2011 | 44,93 | 94596 | 111906 | 0,96 | 5,3 | 2,49 |
| | 2012 | 45,14 | 103095 | 130114 | 0,93 | 5,2 | 2,88 |
| | 2013 | 47,26 | 104981 | 136971 | 0,96 | 5,3 | 2,90 |
| | 2014 | 48,71 | 107930 | 147073 | 0,97 | 5,3 | 3,02 |
| Цюрупинское УВХ | 2010 | 1,54 | 4680 | 4173 | 0,91 | 5,7 | 2,71 |
| | 2011 | 1,54 | 5742 | 3771 | 1 | 5,1 | 2,49 |
| | 2012 | 1,33 | 5473 | 3876 | 0,98 | 5,9 | 2,91 |
| | 2013 | 1,51 | 5445 | 6373 | 1 | 8,4 | 4,20 |
| | 2014 | 1,58 | 6531 | 6008 | 1 | 7,9 | 3,79 |
| Чаплинское УВХ | 2010 | 34,55 | 66221 | 80182 | 1,03 | 4,5 | 2,32 |
| | 2011 | 28,38 | 79806 | 106642 | 0,97 | 5,5 | 3,76 |
| | 2012 | 28,57 | 73205 | 120530 | 1,02 | 6,4 | 4,22 |
| | 2013 | 29,09 | 78446 | 119228 | 0,96 | 7,7 | 4,10 |
| | 2014 | 34,55 | 78155 | 140898 | 1,05 | 7,1 | 4,08 |
| Ивановское УВХ | 2010 | 13,90 | 30700 | 32809 | 1,08 | 3,8 | 2,36 |
| | 2011 | 14,53 | 36269 | 47868 | 1,00 | 5,9 | 3,29 |
| | 2012 | 14,54 | 36200 | 51224 | 0,96 | 5,2 | 3,52 |
| | 2013 | 14,83 | 41808 | 60391 | 0,99 | 6,8 | 4,07 |
| | 2014 | 15,33 | 39496 | 60184 | 0,99 | 6,5 | 3,93 |
| Геническое УВХ | 2010 | 20,50 | 48221 | 37670 | 0,90 | 4,8 | 1,84 |
| | 2011 | 20,50 | 44771 | 47613 | 0,94 | 5,6 | 2,32 |
| | 2012 | 20,70 | 45269 | 48435 | 0,93 | 5,6 | 2,34 |
| | 2013 | 21,00 | 45361 | 50416 | 0,95 | 5,6 | 2,40 |
| | 2014 | 21,00 | 47650 | 47958 | 0,98 | 5,5 | 2,25 |
| Акимовское УВХ | 2010 | 13,66 | 34414 | 11530 | 0,63 | 2,1 | 0,84 |
| | 2011 | 14,16 | 32007 | 18121 | 0,66 | 3,0 | 1,28 |
| | 2012 | 14,45 | 22282 | 17708 | 0,60 | 3,0 | 1,23 |
| | 2013 | 15,49 | 22282 | 21438 | 0,70 | 3,2 | 1,38 |
| | 2014 | 15,65 | 22282 | 16924 | 0,63 | 2,9 | 1,08 |
| Мелитопольское УВХ | 2010 | 12,20 | 44083 | 15126 | 0,73 | 2,9 | 1,24 |
| | 2011 | 12,20 | 32220 | 13315 | 0,62 | 2,3 | 1,09 |
| | 2012 | 12,31 | 22680 | 19862 | 0,68 | 3,3 | 1,61 |
| | 2013 | 12,61 | 31300 | 24308 | 0,70 | 3,7 | 1,93 |
| | 2014 | 12,48 | 34600 | 26094 | 0,73 | 4,0 | 2,09 |

Выполнение и эффективность планового водопользования оценивается системой технико-экономических показателей. Помимо традиционных показателей, характеризующих работу оросительных систем, таких как объем водозабора и водоподачи, площадь и кратность поливов, оросительная норма, ученые предлагают ряд показателей, которые характеризуют управление водораспределением и эффективностью планового водопользования – таких, как водообеспеченность и равномерность водоподачи [1, 2].

Таблица 2 – Плановые и фактические объемы водоподачи по Каховскому магистральному каналу

| Год | Плановая водоподача, тыс.м ³ | Фактическая водоподача, тыс.м ³ |
|------|---|--|
| 2010 | 716655 | 540031 |
| 2011 | 729630 | 711912 |
| 2012 | 748148 | 811300 |
| 2013 | 767231 | 831853 |
| 2014 | 812721 | 822327 |

Коэффициент водообеспеченности характеризует выполнение плана водоподачи как отдельному водопользователю или группе водопользователей (в нашем случае это УВХ или УГКМК), так и в целом по магистральному каналу:

- коэффициент водообеспеченности группы водопользователей или отдельного водопользователя:

$$K_{\epsilon} = \frac{W_{\text{факт}}}{W_{\text{план}}} \quad (1)$$

где $W_{\text{факт}}$, $W_{\text{план}}$ – фактическая и плановая водоподача (м³);

- коэффициент водообеспеченности магистрального канала (МК):

$$K_{\epsilon\text{МК}} = \frac{W_{\text{фактМК}}}{W_{\text{планМК}}} \quad (2)$$

где $W_{\text{фактМК}}$ – фактическая водоподача по каналу, м³; $W_{\text{планМК}}$ – фактическая и плановая водоподача по магистральному каналу, м³.

Критерием оценки справедливости фактического распределения воды между водопользователями является коэффициент равномерности водоподачи. Максимальное значение коэффициента равномерности равно 1. Чем выше коэффициент равномерности водоподачи, тем справедливее происходит процесс водораспределения из магистрального канала;

- коэффициент равномерности водоподачи УВХ или отдельного водопользователя:

$$K_p = 1 - \frac{K_{\epsilon} - K_{\epsilon\text{МК}}}{K_{\epsilon\text{МК}}} \quad (3)$$

- коэффициент равномерности водоподачи из магистрального канала рассчитывается как среднее арифметическое коэффициентов равномерности водоподачи всех водопользователей (групп водопользователей):

$$K_{p\text{МК}} = \frac{\sum K_p}{n} \quad (4)$$

Таблица 3 – Показатели и условия водораспределения на Каховской оросительной системе в 2010-2014 гг.

| Год | Показатели и условия водораспределения | Водохозяйственные предприятия | | | | | | | | | |
|------|---|-------------------------------|---------------|--------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|--------------------|
| | | Херсонская область | | | | | | | | Запорожская область | |
| | | УГКМК | Каховское УВХ | Горностаевское УВХ | Новотроицкое УВХ | Цюрупинское УВХ | Чаплинское УВХ | Ивановское УВХ | Геническое УВХ | Акимовское УВХ | Мелитопольское УВХ |
| 2010 | Коэффициент водообеспеченности (K_b) | 0,79 | 0,94 | 0,77 | 0,78 | 0,89 | 1,21 | 1,07 | 0,78 | 0,33 | 0,34 |
| | Коэффициент водообеспеченности канала ($K_{вМК}$) | 0,75 | | | | | | | | | |
| | Коэффициент равномерности водоподачи (K_p) | 0,96 | 0,74 | 0,97 | 0,96 | 0,82 | 0,39 | 0,57 | 0,98 | 0,44 | 0,46 |
| | Коэффициент равном. водоподачи канала ($K_{pМК}$) | 0,72 | | | | | | | | | |
| | Количество осадков мм. (O_c) /обеспеченность, % | 598,4 / 7 % | | | | | | | | | |
| 2011 | Коэффициент водообеспеченности (K_b) | 0,91 | 0,97 | 1,11 | 1,18 | 0,66 | 1,33 | 1,31 | 1,06 | 0,57 | 0,41 |
| | Коэффициент водообеспеченности канала ($K_{вМК}$) | 0,97 | | | | | | | | | |
| | Коэффициент равномерности водоподачи (K_p) | 0,93 | 1,00 | 0,86 | 0,78 | 0,68 | 0,63 | 0,65 | 0,93 | 0,59 | 0,48 |
| | Коэффициент равном. водоподачи канала ($K_{pМК}$) | 0,76 | | | | | | | | | |
| | Количество осадков мм. (O_c) /обеспеченность, % | 240,3 / 99 % | | | | | | | | | |
| 2012 | Коэффициент водообеспеченности (K_b) | 0,92 | 0,96 | 1,36 | 1,26 | 0,71 | 1,65 | 1,42 | 1,06 | 0,79 | 0,87 |
| | Коэффициент водообеспеченности канала ($K_{вМК}$) | 1,08 | | | | | | | | | |
| | Коэффициент равномерности водоподачи (K_p) | 0,84 | 0,89 | 0,78 | 0,83 | 0,66 | 0,48 | 0,69 | 0,99 | 0,74 | 0,81 |
| | Коэффициент равном. водоподачи канала ($K_{pМК}$) | 0,78 | | | | | | | | | |
| | Количество осадков мм. (O_c) /обеспеченность, % | 503,4 / 21 % | | | | | | | | | |
| 2013 | Коэффициент водообеспеченности (K_b) | 0,83 | 1,27 | 1,56 | 1,32 | 1,17 | 1,52 | 1,46 | 1,11 | 0,72 | 0,77 |
| | Коэффициент водообеспеченности канала ($K_{вМК}$) | 1,08 | | | | | | | | | |
| | Коэффициент равномерности водоподачи (K_p) | 0,77 | 0,82 | 0,56 | 0,78 | 0,92 | 0,59 | 0,70 | 0,97 | 0,67 | 0,71 |
| | Коэффициент равном. водоподачи канала ($K_{pМК}$) | 0,73 | | | | | | | | | |
| | Количество осадков мм. (O_c) /обеспеченность, % | 342,7/ 68 % | | | | | | | | | |
| 2014 | Коэффициент водообеспеченности (K_b) | 0,73 | 1,05 | 1,40 | 1,36 | 0,92 | 1,80 | 1,52 | 1,00 | 0,72 | 0,71 |
| | Коэффициент водообеспеченности канала ($K_{вМК}$) | 1,01 | | | | | | | | | |
| | Коэффициент равномерности водоподачи (K_p) | 0,73 | 0,97 | 0,61 | 0,65 | 0,91 | 0,28 | 0,50 | 0,99 | 0,75 | 0,74 |
| | Коэффициент равном. водоподачи канала ($K_{pМК}$) | 0,68 | | | | | | | | | |
| | Количество осадков мм. (O_c) /обеспеченность, % | 340,1/72 % | | | | | | | | | |

Величины коэффициентов водообеспеченности и равномерности водоподачи Каховского МК и водохозяйственных предприятий, функционирующих в зоне Каховской оросительной системы, для каждого года анализируемого периода (2010-2014 гг.), а также метеоусловия этих лет, характеризующиеся количеством осадков (мм) и обеспеченностью осадками (%), приведены в таблице 3.

При изучении данных таблицы 3 установлено:

- показатели метеоусловий каждого года наблюдений значительно отличались, обеспеченность осадками изменялась от 7 % до 99 %, слой осадков – от 598 мм в 2010 г. до 240 мм в 2011 г.;

- исходя из благоприятных условий - достаточного объема водных ресурсов в источнике орошения (Каховское водохранилище), надежной работы ГНС системы, высокого КПД оросительной сети - коэффициент водообеспеченности МК оросительной системы ($K_{вМК}$) имел высокие значения и изменялся от 0,75 до 1,08;

- коэффициенты водообеспеченности каждого УВХ (K_p) были подвержены колебаниям как в годовом разрезе, так и в течении периода наблюдений;

- коэффициент равномерности водоподачи Каховского МК ($K_{рМК}$) в течение анализируемого периода изменялся незначительно от 0,68 до 0,78;

- коэффициент равномерности водоподачи каналами каждого УВХ (K_v) были склонны к колебаниям в течение года и незначительно изменялись за период наблюдений.

Анализ корреляционной связи между выполнением плана водоподачи и годовым количеством осадков в зоне Каховской ОС показал обратную зависимость между этими величинами различной степени силы у большинства водохозяйственных предприятий (от -0,14 у УГКМК до -0,7 у Генического УВХ), за исключением Цюрупинского УВХ, где взаимосвязь не прослеживалась. Следовательно, можно говорить о влиянии количества осадков на показатель водообеспеченности. В то же время, в водохозяйственных предприятиях с фактическими показателями водообеспеченности, не превышающими плановые (Мелитопольское, Акимовское, Цюрупинское УВГ, УГКМК), наблюдается прямая связь между водообеспеченностью и равномерностью водораспределения. Это свидетельствует о том, что значительное превышение фактических величин водоподачи над плановыми в некоторых УВГ способствует резкому снижению равномерности водоподачи межхозяйственных распределителей. Также на выполнение плана поливов влияет состояние внутрихозяйственной оросительной сети и способность водопользователей оплачивать услуги по подаче воды на орошение. Низкие показатели водообеспеченности управлений водного хозяйства Запорожской области (Мелитопольского и Акимовского) характеризуют недостаточный уровень планирования водопользования в этих управлениях.

Список использованных источников

1. Духовный В.А., Мирзаев Н.Н. Руководство по расчету и анализу показателей водораспределения/ В.А. Духовный, Н.Н. Мирзаев и др. – Ташкент, 2006. – 56 с.
2. Интегрированное управление водными ресурсами: от теории к реальной практике. Опыт Центральной Азии / под ред. В.А. Духовного, В.И. Соколова, Х. Мантритилаке – Ташкент: НИЦ МКВК, 2008. – 364 с.
3. Киенчук А.Ф. Водораспределение на оросительных системах. – К.: - Урожай. 1989. – 176 с.

**ПРИЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ
ЛИМАННЫХ АГРОМЕЛИОЛАНДШАФТОВ КАЛМЫКИИ****Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов**

Калмыцкий филиал ФГБНУ “ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова”, г. Элиста, Россия

Лиманные агромегиоландшафты на территории Республики Калмыкия распространены в виде замкнутых понижений рельефа, общая площадь которых превышает 37 тыс. га. Многолетняя практика эксплуатации лиманов без соблюдения оптимальных режимов затопления, минеральных подкормок и уборки естественных трав привела к деградации и снижению продуктивности сенокосных угодий. Фактически ежегодно затопляется не более 25...30 тыс. га. Средняя урожайность сена не превышает 1,5...1,8 т/га, а валовые сборы – не более 35...40 тыс. т. Для повышения продуктивности лиманных агромегиоландшафтов, где преобладают почвогрунты тяжелого гранулометрического состава, необходимо проведение комплекса мероприятий поверхностного и коренного улучшения естественных травостоев [1, 2]. Как показала практика, на тяжелых почвах рисовых оросительных систем Ростовской области и Краснодарского края хорошо зарекомендовали себя такие мелиоративные приемы, как щелевание и кротование почвы на глубину 0,4-0,6 м, которые заметно улучшают структурное состояние и водно-физические показатели почвогрунтов [3, 4]. Аналогичные результаты получены и в ходе проведения наших исследований на тяжелых почвах рисовых систем Сарпинской низменности [5, 6].

Исследования по улучшению агрофизических, структурных и водных свойств почв проводили в 2013-2015 гг. на ключевом участке лиманного орошения, расположенном на территории Сарпинской низменности в Октябрьском районе Республики Калмыкия. Система площадью 488 га представляет собой инженерный орошаемый массив, представляющий собой типичное для условий северной части республики замкнутое понижение, эксплуатирующееся с середины 60-х годов прошлого столетия в режиме ежегодного затопления как сенокос с многолетним естественным травостоем (пырей ползучий и бекмания).

Почвенный покров лиманов представлен глинистыми лугово-лиманными почвами, обладающими повышенной плотностью сложения и низкими фильтрационными показателями [7]. Для определения физических свойств почв (плотность сложения и пористость) и уровня их качественного состояния применялись общепринятые методики [8, 9]. Водопроницаемость, под которой понималась способность почвы впитывать и пропускать через себя воду, поступающую с поверхности, определялась с помощью прибора Нестерова в трёхкратной повторности.

Наблюдения по изучению впитывающей способности почв велись весной на протяжении 1 суток (24 часа). В первые полчаса расход впитывания воды фиксировался через каждые 10 минут, затем – в конце 1-го часа наблюдений и далее – через каждый час.

Скорость впитывания подсчитывалась по формуле:

$$V = \frac{10 \times Q}{S \times t}, \text{ мм/мин.} \quad (1),$$

где Q – расход впитавшейся воды, см^3 ; S – площадь фильтрующей поверхности, см^2 ($S = \pi \times R^2$); R – радиус внутреннего кольца прибора; t – время опыта, мин.

Щелевание и кротование почвы осуществлялись при помощи специальных навесных орудий (щелерезов и кротователей) на глубину до 60 см, при расстоянии между щелями и кротодренами 1,5 м.

Изучение влияния мелиоративных приёмов (щелевания и кротования) на физические свойства лиманных почв производилось весной (сразу после осуществления данных технологических процессов) и наблюдения сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Влияние мелиоративных приёмов на физические свойства лугово-лиманных почв

| Слой почвы, см | Гранулометрический состав почвы | Физические свойства почв при мелиоративных приёмах | | | | | |
|----------------|---------------------------------|--|---------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|
| | | обычный фон (контроль) | | щелевание | | кротование | |
| | | плотность сложения, т/м^3 | общая пористость, % | плотность сложения, т/м^3 | общая пористость, % | плотность сложения, т/м^3 | общая пористость, % |
| 0-10 | лёгкая глина | 1,49 | 43,1 | 1,40 | 45,1 | 1,39 | 45,5 |
| 10-20 | -//- | 1,51 | 42,1 | 1,41 | 45,2 | 1,40 | 45,4 |
| 20-30 | -//- | 1,52 | 42,0 | 1,45 | 44,2 | 1,44 | 44,6 |
| 30-40 | -//- | 1,53 | 42,2 | 1,48 | 43,8 | 1,47 | 44,1 |
| 40-50 | -//- | 1,54 | 41,9 | 1,50 | 43,4 | 1,48 | 43,6 |
| 50-60 | -//- | 1,55 | 41,7 | 1,54 | 42,4 | 1,54 | 42,4 |
| 60-70 | -//- | 1,53 | 41,7 | 1,58 | 41,7 | 1,58 | 41,7 |
| 70-80 | -//- | 1,62 | 40,3 | 1,62 | 40,8 | 1,62 | 40,8 |
| 80-90 | -//- | 1,64 | 39,4 | 1,64 | 39,4 | 1,64 | 39,4 |
| 90-100 | средняя глина | 1,66 | 39,0 | 1,66 | 39,0 | 1,66 | 39,0 |
| 100-120 | -//- | 1,67 | 38,4 | 1,67 | 38,4 | 1,67 | 38,4 |
| 120-140 | -//- | 1,67 | 38,4 | 1,67 | 38,4 | 1,67 | 38,4 |
| 140-160 | -//- | 1,67 | 38,4 | 1,67 | 38,4 | 1,67 | 38,4 |
| 160-180 | -//- | 1,68 | 38,5 | 1,68 | 38,5 | 1,68 | 38,5 |
| 180-200 | -//- | 1,68 | 38,5 | 1,68 | 38,5 | 1,68 | 38,5 |
| 0-20 | лёгкая глина | 1,50 | 42,6 | 1,40 | 45,2 | 1,39 | 45,4 |
| 20-40 | лёгкая глина | 1,53 | 42,1 | 1,46 | 44,0 | 1,46 | 44,3 |
| 40-60 | средняя глина | 1,55 | 41,8 | 1,52 | 42,9 | 1,51 | 42,9 |

Анализ результатов исследований показал, что при естественном фоне эксплуатации лимана в режиме сенокоса при ежегодном затоплении нормой 3500-4000 $\text{м}^3/\text{га}$ верхний слой почвы (0-20 см) приобретает неудовлетворительные по физическим свойствам показатели: сильную степень уплотнения ($1,50 \text{ т/м}^3$) и низкую величину пористости (42,6 %). С глубиной плотность возрастает до величины $1,68 \text{ т/м}^3$, пористость уменьшается до 38,4 – 38,5 %.

Применение таких мелиоративных приёмов как щелевание и кротование обеспечивает существенное улучшение физических показателей тяжёлых лиманных почв в верхнем слое 0–60 см.

В горизонте 0-20 см плотность уменьшилась, соответственно, до 1,40-1,39 т/м³ или на 6,3-7,1 %, по сравнению с обычным фоном. Пористость увеличилась до 45,2-45,4 % или в 1,06-1,07 раза.

В слое 20-40 см на контрольном варианте плотность почвы составляла 1,53 т/м³, а при осуществлении щелевания и кротования она снизилась до 1,46 т/м³ (на 4,8 %). Пористость возрасла с 42,1 % до 44,0-44,3 %, то есть в 1,05-1,06 раза.

В горизонте 40-60 см эта тенденция сохранилась, но в меньшей степени (плотность снизилась с 1,55 т/м³ до 1,52-1,53 т/м³, а пористость увеличилась с 41,8 до 42,9%). Далее по глубине влияния данных мелиоративных приёмов на физические свойства лиманных почв не прослеживается.

Наблюдения за впитывающей способностью лиманных почв показали, что при затоплении почвы на естественном фоне (контроль) средняя скорость впитывания за первый час наблюдений составляла 0,72 мм/мин, в то время как применение щелевания и кротования увеличивает скорость впитывания до 1,02-1,10 мм/мин, т.е. на 41,7-52,8 %. Во второй час скорость впитывания на контроле упала до 0,37 мм/мин, а на фоне щелевания и кротования была выше на 24,3-29,7 %. Через 22 часа величины скорости впитывания упали, соответственно до 16,0; 18,0; 19,0 мм/мин. В целом за сутки объём впитывания воды при естественном фоне составил 464,0 мм, а при щелевании и кротовании, соответственно, 560,5 и 577,5 мм (повышение на 20,8 и 24,5 %).

На основании данных опытов был построен график скоростей впитывания и установлено, что кривые впитывания во всех изученных вариантах имеют плавно убывающий вид и описываются линейными уравнениями:

- для контрольного варианта – естественный фон без обработки почвы

$$Y = -0,7719X + 30,915 \quad (2)$$

- в случае щелевания почвы с глубиной обработки до 0,6 м

$$Y = -1,2435X + 41,805 \quad (3)$$

- при кротовании почвы с глубиной обработки до 0,6 м

$$Y = -1,3408X + 44,31 \quad (4)$$

где Y – скорость впитывания, мм/мин; X – интервал времени впитывания, мин.

Таким образом, щелевание и кротование являются эффективными мелиоративными приёмами, позволяющими уменьшить плотность верхнего горизонта тяжёлых почв лиманов и повысить их водопроницаемость. Эти факторы следует учитывать при моделировании и выявлении вариантов оптимального функционирования лиманных агро-мелиоративных ландшафтов в условиях полупустынной зоны Калмыкии.

Список использованных источников

1. Грициенко, В.Г. Лиманы Калмыкии и их улучшение / В.Г. Грициенко/ Элиста: АПП «Джангар», 1997. – 64 с.
2. Дедова, Э.Б., Системы лиманного орошения Калмыкии: состояние и пути эффективного использования /Э.Б. Дедова, В.В. Бородычев, М.А. Сазанов - Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015.-332с.
3. Тулякова, З.Ф. Рис на засоленных землях/З.Ф. Тулякова/ М.: Колос, 1978. – 239 с.
4. Сергеев, А.И. Эффективность применения кротового дренажа на рисовых системах Кубани /А.И. Сергеев/ Вестник с.-х. науки. – 1983 - №10 – с.68-71.

5. Сазанов, М.А. Изменение водно-физических свойств светло-каштановой почвы в процессе орошения на фоне различных способов обработки поверхности //М.А. Сазанов, С.В. Макаров/ Вопросы эксплуатации оросительных систем и рациональное использование орошаемых земель Поволжья: Сб. науч. Тр. – М.: ВНИИГиМ, 1986. – с.70-73.

6. Дедова, Э.Б. Влияние мелиоративных приёмов на показатели агрогидрологических свойств бурых полупустынных почв Сарпинской низменности //Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов, А.А. Душкина / Плодородие – 2015 - №3 – с.33-37.

7. Бакинова, Т.И. Почвы Республики Калмыкия/Т.И. Бакинова, Н.П. Воробьева, Е.А. Зеленская/ Элиста: Изд-во СКНЦ ВШ, 1999. – 115 с.

8. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв/ А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина/ М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

9. Практикум по почвоведению / Под ред. Н.С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1986. – 336с.

УДК 631.67

ОРОШЕНИЕ - ИСПЫТАННОЕ СРЕДСТВО ПРОТИВОСТОЯНИЯ ЗАСУХАМ И ГРЯДУЩЕМУ ПОТЕПЛЕНИЮ КЛИМАТА

Ю.П. Добрачев

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

Орошение, как средство борьбы с засухой, возникнув на заре цивилизации, закономерно развивалось как неотъемлемая часть мировой аграрной культуры. Научно-технический прогресс открыл новые возможности для совершенствования орошения. Оно стало средством борьбы не только с почвенной засухой, но и с атмосферной засухой, которая в состоянии за весьма короткое время подавить жизненные функции растений.

Из истории развития сельского хозяйства в нашей стране известно, что формирование научных знаний об орошении земель шло под влиянием работ В.В. Докучаева. Российская научная школа орошаемого земледелия создавалась всемирно известными учеными - П.А. Костычевым, К.А. Тимирязевым, А.И. Воейковым, В.Р. Вильямсом, А.Н. Костяковым, их последователями и учениками. Дальнейшее развитие теории и практики борьбы с засухой средствами оросительных мелиораций было продолжено С.Ф. Аверьяновым, А.Н. Аскоченским, Е.А. Замариным, В.В. Пославским, И.А. Шаровым, Б.Б. Шумаковым, Н.А. Янишевским и другими учеными, которые выполнили огромный объем практической работы по внедрению прогрессивных методов и приемов орошения в условиях засушливого климата Средней Азии, Закавказья, Северного Кавказа, Поволжья, Украины, Черноземной зоны России.

В последние годы отечественная мелиоративная наука стала уделять значительное внимание поиску путей снижения техногенной нагрузки на природную среду, экологизации производственных процессов орошаемого земледелия и экосистемного водопользования.

Наибольшее распространение в странах бывшего СССР получили два способа орошения - поверхностный полив и дождевание. В настоящее время в практику орошаемого земледелия высокими темпами внедряются технологии малообъемного (синхронно-импульсного, мелкодисперсного и подкroнового дождевания) и капельного орошения. Новые технологии полива сельскохозяйственных полей, садов и виноградников обеспечивают заданное регулирование режима влажности почв и

минерального питания растений, их высокую продуктивность, экономию водных ресурсов и электроэнергии при соблюдении требований экологической безопасности [1].

Поверхностный полив является самым распространенным способом в практике орошения, его применяют более чем на половине площади всех орошаемых земель мира. Основные преимущества - незначительная энергоемкость и металлоемкость, недостатки - большая трудоемкость и низкая производительность труда, неравномерность увлажнения по длине борозд и полос. Специальная технология нарезки борозд, дифференцированное уплотнение и рыхление борозд, мульчирование, нарезка щелей, дискретная подача воды в борозды и другие модификации, учитывающие специфику почвы, орошаемой культуры и рельефа, позволили довести коэффициент равномерности увлажнения до 0,8-0,95 и механизировать производство полива на 95% [2].

В России различные виды дождевания применяются более чем на 70 % орошаемой площади. Основные преимущества дождевания - возможность маневрирования поливными нормами от 50 до 600 м³/га, что теоретически позволяет исключить поверхностный сток и глубинную фильтрацию воды, подъем грунтовых вод, засоление и заболачивание земель, склоновую эрозию почв. Недостатки дождевания - трудность проведения влагозарядковых и промывных поливов, а также вегетационных поливов на тяжелых почвах. Появление широкозахватных низконапорных машин фронтального перемещения с забором воды из открытых каналов позволило снизить энергоемкость и металлоемкость оросительных систем. Созданы специальные машины для равномерного полива морозящим ветроустойчивым дождем высокого агротехнического качества.

В основе концепции использования орошения для борьбы с засухой лежат современные научные представления о процессах роста и развития растений при дефиците влаги, а также при воздействии высоких температур. Годовая продукция сухого вещества пустынных и полупустынных естественных растительных сообществ пропорциональна количеству выпадающих осадков и часто не превышает 1 т/га. Это иллюстрирует жесткость действия влажности как главного лимитирующего фактора.

Орошение в аридной зоне при достаточном содержании питательных веществ в почве, обилии солнечного света и тепла чрезвычайно продуктивно. Однако с экономической точки зрения земледелие в таких условиях может оказаться нецелесообразным из-за очень высокой стоимости оросительных систем и дефицита водных ресурсов. Кроме того, в кратковременные периоды экстремальной напряженности метеорологических условий, связанных с острым дефицитом влажности воздуха, высокой температурой и скоростью ветра, возможны явления, приводящие к значительной потере продуктивности или даже гибели посевов вследствие их высыхания из-за чрезмерно высокой транспирации.

В орошаемом земледелии давно известны различные и отличающиеся по эффективности приемы снижения воздействия на растительный покров как почвенной, так и атмосферной засухи, вызываемой агрометеорологическими факторами, приводящими к иссушению корнеобитаемого слоя почв, к состоянию температурного и водного стресса культивируемых растений. Наиболее простой прием состоит в поддержании в почве в течение всего периода вегетации достаточного запаса легкодоступной для растений влаги. Однако обильное орошение, как правило, приводит к дополнительным постоянно возрастающим затратам поливной воды из-за

неизбежного при этом засоления почв, которое отмечается также и при капельном орошении.

Необходимые для борьбы с засолением промывные режимы на общем фоне "старения" орошаемой агроэкосистемы вызывают неуклонный рост затрат воды на производство единицы продукции. Сформировавшиеся при таком орошении высокопродуктивные угодья исключительно чувствительны к действию засух и высоких температур, для смягчения воздействия которых требуются дополнительные объемы воды и, следовательно, дренаж и очистные сооружения для отвода возвратных вод и утилизации солей.

В традиционном орошении определение совокупности норм, сроков и числа поливов, как правило, сводится к расчетам для некоторого экспериментально установленного водного режима почв с привязкой к культуре и агроклиматической зоне. По мере накопления научных знаний стало очевидным, что следует ориентироваться на водный статус растений как на индикатор их водного дефицита. Оценка показателя водного статуса выполняется по соотношению доступности влаги для корневой системы растений (влажность и влагозапас корневой зоны почвы) и транспирации, как функции площади листьев и испаряемости. Что касается водного режима почв, то он должен учитываться при этом в качестве агроэкологического ограничения на область допустимых значений влажности почвы с учетом рисков возникновения стрессовых ситуаций по гидрометеорологическим условиям (наличие водных ресурсов, испаряемость и температура воздуха, солнечная радиация).

В числе основных приемов борьбы с почвенной засухой прежде всего следует назвать влагозарядковый полив. Этот прием стабилизирует водообеспечение посева в течение всего вегетационного периода, способствует росту и более глубокому проникновению корней в почву и, тем самым, более полному использованию почвенной влаги.

Предпосевной и послепосевной поливы обеспечивают высокую энергию прорастания семян, создают условия для быстрого укоренения проростков и более полного использования влагозапасов пахотного горизонта почвы. Именно доступный растениям влагозапас обеспечивает резистентность посева к проявлениям краткосрочных, но значительных вариаций метеофакторов и весенней засухи. Часто наблюдающаяся в этот период массовая гибель посевов на легких песчаных почвах объясняется быстрым образованием вокруг стержнеобразного корня проростка зоны иссушения, которая слабо восполняется радиальным перемещением воды по капиллярам почвы от влажных зон к корню. Возникающее состояние водного дефицита посева связано не с общим недостатком воды, которой в верхнем слое почвы достаточно много, а со снижением подвижности почвенной влаги в прикорневой зоне. На таких почвах в период появления первых листьев частые поливы малыми нормами оказываются для посевов весьма востребованными.

Наибольший урон посевам засуха причиняет в период, когда идет формирование вегетативных и закладка репродуктивных органов растений (весна, начало лета). Поскольку засухоустойчивость растений обусловлена не только наследственными свойствами, но также сформированной с начала вегетации адаптивностью к недостатку воды, существует принципиальная возможность с помощью орошения повышать засухоустойчивость посевов, направленно создавая в определенные периоды вегетации некоторый заданный уровень водного дефицита. В более поздние сроки развития посевов поливы следует назначать редко с промачиванием почти на всю глубину занятой корнями почвы, допуская лишь кратковременное снижение

влажности ниже оптимального уровня (60-70 % НВ) после прохождения критических периодов вегетации.

Такие приемы орошения способствуют повышению засухоустойчивости в результате адаптивной реакции к недостатку воды. Данная реакция проявляется в повышении водного потенциала тканей, морфологических изменениях органов (опушенность листьев, утолщение кутикулы и слоя кутина, снижении плотности устьиц и др.), архитектоники и габитуса растений. При искусственном создании контролируемого водного дефицита рост побегов и листьев в начале несколько замедляется, но скорость роста корней сохраняется и даже возрастает; снижение роста корней наблюдается лишь при длительном недостатке воды в почве. В отдельные годы при выпадении частых и обильных осадков весной и в начале календарного лета применение этого приема может не позволить сформировать искомые адаптивные свойства, и риск снижения урожая от засух весьма вероятен.

Согласование сроков проведения вегетационных поливов с периодами прохождения репродуктивных фаз развития обеспечивает формирование мощной корневой системы, побегообразование и благоприятные условия для морфогенеза репродуктивных и хозяйственно полезных органов. В наиболее ответственные периоды формирования урожая или в период засухи назначаются более частые поливы. Однако практическая реализация таких приемов возможна только на основе применения современных технологий полива, средств мониторинга состояния посева и компьютерных систем управления орошением по агро- и метеопараметрам. В настоящее время необходимые для этого технические средства широко представлены на рынке отечественными и зарубежными фирмами.

Поддержание водного статуса растений в благоприятных для формирования урожая пределах можно осуществить путем регулирования влажности почвы, но только в достаточно ограниченном диапазоне изменений метеорологических факторов. Более широкие возможности управления водно-тепловым обменом системы "приземный слой воздуха-растение-почва" открываются при использовании системы комбинированного орошения. Кроме увлажнения почвы (капельное орошение) эта технология включает мелкодисперсное дождевание либо спринклерное орошение, позволяющее периодически наносить на поверхность растений не скатывающуюся мелкодиспергированную воду. Этот способ орошения является одним из самых эффективных приемов борьбы с суховеями и губительным воздействием высоких температур на культурные растения.

Естественным способом защиты от перегрева верхнего яруса растений служит усиленная транспирация, обеспечиваемая потоком влаги от развитой корневой системы. Сухую жару посевы переносят легче, чем влажную, поскольку при высокой влажности воздуха испаряемость и, соответственно, транспирация и количество тепла, забранного на испарение из листьев, оказываются ниже.

Наши исследования тепло-влагообмена сомкнутого посева сои в Крыму термоградиентным методом показали, что перегрев верхнего яруса листьев возникает в полуденные часы при высокой температуре воздуха и интенсивном потоке прямой солнечной радиации. В этот момент регистрируется резкое падение температуры воздуха на верхней границе растительного покрова высотой 40-50 см, наблюдается подвядание верхних листьев и черешков, что прямо свидетельствует о высоком уровне транспирации. Верхние листья посева теряли упругость, под влиянием даже легкого ветра изменяли ориентацию, открывая прямым солнечным лучам ниже расположенный ярус листьев и поверхность почвы. Изменения в ориентации

верхних листьев сопровождалось ростом альбедо за счет светлой окраски обратной стороны перевернутых ветром листьев.

Это состояние посева сохранялось до конца световой части суток, и только к утру посев возвращался в исходное состояние. Суммарное испарение влаги за сутки возрастало с 4-6 мм/сут до 12 мм/сут при слабом ветре. За 3-4 суток значительно истощался запас доступной влаги, стебли теряли тургор и наступало полегание, так что высота слоя стелящихся растений не превышала 20 см.

Применение увлажнительных поливов 20-30 м³/га или периодическое увлажнение посева с помощью мелкодисперсного дождевания с момента возникновения усиленной транспирации при перегреве позволяло остановить интенсивный вынос влаги и сохранить посев в физиологически нормальном состоянии на протяжении 5-6 суток. За такой промежуток времени возможно некоторое снижение напряженности метеоусловий, и его достаточно для подготовки и проведения очередного вегетационного полива большой нормой, восстанавливающей влагозапас.

Интервал между увлажнительными поливами устанавливается в зависимости от цели: при регулировании влагообмена с целью экономии поливной воды – при появлении первых признаков гипертранспирации; при регулировании влагообмена с целью гарантированного получения высокого урожая - до полного испарения воды с поверхности растений в период, когда напряженность метеофакторов превышает заданную в зависимости от сельскохозяйственной культуры и вида получаемой продукции. Например, для посевов кукурузы на зерно микроорошение осуществляют мелкодисперсным дождеванием нормой 200-250 л/ч/га в течение 0,5-2,0 ч при температуре воздуха выше 25°С и скорости ветра больше 5 м/с [3].

В условиях засушливого климата сухих степей и полупустынь регулирование водно-теплового режима посевов с помощью комбинированных систем орошения позволяет при малых оросительных нормах и относительно невысокой влажности почвы обеспечить поддержание благоприятного водного обмена растений и высокую продуктивность агроценозов. Это особенно актуально для условий современного водообеспечения орошаемого земледелия Крыма.

Важную роль здесь играют увлажнительные поливы малыми нормами, точное время проведения которых определяется прямым контролем водно-теплового обмена растений с приземным слоем атмосферы. Эффективность использования воды и энергетических ресурсов повышается при оптимальном управлении орошением с учетом особенностей водного обмена каждой культуры в различные фазы роста и развития, актуального состояния растений на момент принятия решений. Оптимальное управление предполагает использование прогнозной агрометеорологической информации и данных по обеспечению гидромелиоративной системы водными ресурсами.

Применение для борьбы с засухой мелкодисперсного дождевания в сочетании с постоянным контролем водно-теплового обмена растительного покрова создает благоприятные условия для почвообразовательных процессов. Относительно невысокая влажность почвы препятствует развитию процессов засоления. Эти условия оказываются благоприятными для дыхания корней и для развития почвенной микрофлоры. Хорошо развитая корневая система и интенсивные обменные процессы в почве обеспечивают высокую эффективность использования влаги и минеральных удобрений, повышается актуальное плодородие почв. Оросительная норма может быть снижена на 30-50 %, а продуктивность угодий, в зависимости от выращиваемой культуры, возрастает в 1,5-2 раза. Энергетические затраты на проведение

увлажнительных поливов окупаются тем быстрее, чем точнее определяются необходимость и частота их выполнения. Однако в условиях острого водного дефицита только экономия воды может служить достаточным основанием для применения такой технологии орошения, которая с обыденной точки зрения может показаться парадоксальной [4].

Одним из перспективных способов регулирования водно-теплового режима посевов, обеспечивающим снижение водопотребления посевов и отрицательного воздействия на растения прямых солнечных лучей и высоких температур, является увеличение альбедо посевов путем нанесения в конце полива на листовые пластинки специальных веществ с высокой светоотражательной способностью. Перспективы технологического совершенствования данного способа связаны с применением побелок, устойчивых к осадкам и поливам, с сочетанием их отражательных свойств с функциями внекорневой подкормки и фитосанитарными свойствами. Безусловно, этот метод регулирования водного обмена нуждается в дальнейшем совершенствовании, изучении его применимости и эффективности на различных видах посевов сельскохозяйственных культур [5].

Список использованных источников

1. Управление орошением для борьбы с процессами опустынивания в бассейне Аральского моря. Оценка и инструменты / Общ. ред. Л.С. Перейра, В.А. Духовного, М.Г. Хорста. - Ташкент: Vita Color, 2005. - 422 с.

2. Калашников А.А., Таттибаев Х.А., Калдарова С.М., Алтынбеков А. Автоматизация дискретной технологии поверхностного полива // Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства. – Тараз: «НИИВХ», 2007г.

3. Бородычев В.В., Колганов А.В., Салдаев А.М., Майер А.В // Способ выращивания кукурузы на зерно при мелкодисперсном орошении / Изобретение. Патент Российской Федерации RU2129766.

4. Добрачев Ю.П. Причины снижения водопотребления агроценозов при мелкодисперсном дождевании. - М.: ВНИИГиМ, 1992. Т.84- С. 194-202.

5. Шумаков Б.Б., Сабуренков С.Н., Губер К.В., Храбров М.Ю., Бородычев В.В., Лямперт Г.П., Емельянов В.А., Горшков В.В. Способ мелиорации фитолимата посевов / Патент РФ 2125788, публикация патента: 10.02.1999.

УДК 631.6

ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРИТЕЛЬНОГО МЕЛИОРАНТА И ПОДПОЧВЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ОДНОЛЕТНИХ ТРАВ

К.Н. Евсенкин, С.В. Перегудов, А.В. Нефедов, Н.А. Иванникова

Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия

Проблема регулирования рационального содержания органического вещества, восстановление почвенного потенциала плодородия имеет значение и заслуживает внимания. Восстановление плодородия достигается применением различных агротехнических приемов и мелиоративных мероприятий.

Важным направлением в решении проблемы повышения плодородия деградированных почв является разработка приемов и средств комплексного воздействия на факторы его формирования. Для этих целей во ВНИИГиМ проводятся исследования по разработке удобрительно-мелиорирующих смесей, внесение которых позволяет существенно повысить плодородие малопродуктивных почв за счет улуч-

шения их вещественно-энергетического состояния [1, 2, 3, 4, 5, 15]. Одним из технологических приемов повышения продуктивности сработанных торфяных почв является применение органических удобрений на фоне подпочвенного увлажнения.

Целью работы является повышение продуктивности сработанных торфяных почв при применении нового удобрительного мелиоранта на фоне регулирования водного режима подпочвенным увлажнением методом шлюзования [6, 7, 8, 14].

Экспериментальные исследования проводились на осушенном опытном поле мелиоративной системы «Тинки-2» ОПХ «Полково» в Рязанской области. Полевой опыт заложен весной 2011 г. Почвенный покров участка представлен длительно используемыми (более 50 лет) сработанными торфяными почвами. Длительное использование торфяных почв в травопропашном севообороте привело к уменьшению мощности торфяного слоя (более чем в 2 раза), почти в 2,5 раза увеличилась степень разложения и зольность торфа и почти в 2 раза снизилась влагоёмкость почв. Агрохимические показатели следующие: почва характеризуется слабокислой реакцией (рН- 5,0), плотностью 1,1-1,2 т/м³; хорошо обеспечена подвижным фосфором (213 мг/кг) и незначительно - обменным калием (72,5 мг/кг).

В качестве органического удобрения нами был разработан и опробован удобрительный мелиорант (УМ) на основе отходов семяочистительного завода (рис. 1). Состав удобрительного мелиоранта (по весу) следующий: половина отход при очистке семян многолетних трав – 50 %, навоз КРС – 15 %, торф низинный – 30 %. НРК - из расчёта азота 30, фосфора- 45 и калия- 60 кг д.в./га. Дополнительно в качестве микроэлемента была внесена медь (25 кг/га), для нейтрализации кислотности почвы использовали известь в норме 1 т/га [9].



Рисунок 1 - Состав удобрительного мелиоранта

Схема полевого опыта предусматривает систематическое размещение вариантов в трехкратной повторности в одном ярусе [10]. Варианты: 1) контроль без удобрений; 2) N₃₀P₄₅K₆₀ - фон; 3) фон + УМ 40т/га; 4) фон + УМ 60т/га; 5) фон + УМ 80т/га.

Размер опытных делянок составляет 25 м². Культурой-реагентом является вико-овсяная смесь на зеленый корм.

Критериями оценки подпочвенного увлажнения являются уровень грунтовых вод (УГВ) и влажность почвы. В этой связи замеры уровня грунтовых вод и влажности почвы следует производить через 3-5 дней в зависимости от метеоусловий и

выращиваемой культуры. Измерения уровня грунтовых вод в течение вегетационного периода осуществлялись в наблюдательных скважинах с периодичностью один раз в пять дней. Параллельно с измерением уровня грунтовых вод проводили измерения влажности почвы электрометрическим методом, при помощи влагомера для почвы «TENSIOMETRO» (модель 46909) [11].

За период проведения исследований наблюдался практически полный спектр изменения метеорологических условий. Вегетационный период с мая по август 2011 г. - сухой по осадкам (90 % обеспеченности), жаркий, по влажности воздуха - сухой; 2012 г. - средне влажный по осадкам (40 % обеспеченности), теплый с пониженной влажностью воздуха; 2013 г. - средне влажный по осадкам (35 % обеспеченности), теплый с пониженной влажностью воздуха; 2014 г. средне сухой по осадкам (75 % обеспеченности), теплый с пониженной влажностью воздуха; 2015 г. был влажным по осадкам, теплым с пониженной влажностью воздуха.

Регулирование водного режима осуществлялось подъемом или снижением уровня воды в магистральном канале. Продолжительность подпора воды или время пребывания шлюза в закрытом состоянии определяется расположением УГВ (табл. 1) и влажностью почвы в пределах опытных делянок. Оптимальные значения для вико-овсяной смеси: УГВ 60 – 100 см; влажность почвы 70 – 90 % НВ в зависимости от фаз развития растений.

Таблица 1 - Динамика среднемесячных значений глубины уровня грунтовых вод (см) за вегетационные периоды 2011-2015 гг.

| годы | май | июнь | июль | август | Среднее за пять лет |
|------|-----|------|------|--------|---------------------|
| 2011 | 65 | 100 | 120 | 125 | 103 |
| 2012 | 64 | 70 | 79 | 90 | 76 |
| 2013 | 71 | 80 | 79 | 70 | 75 |
| 2014 | 90 | 95 | 95 | 110 | 98 |
| 2015 | 75 | 85 | 95 | 115 | 93 |

Режим увлажнения должен обеспечивать благоприятное развитие факторов жизни растений. Как избыток, так и недостаток воды в корнеобитаемом слое почвы угнетает жизнедеятельность микроорганизмов, разлагающих органику, что замедляет процессы минерализации органических веществ, при этом снижается интенсивность обменных процессов между почвой и растениями, ухудшается их питательный режим [12].

Наблюдения за динамикой грунтовых вод и влажностью почвы (рис. 2) показали, что в периоды вегетации 2012 – 2014 гг. формировался благоприятный водный режим на участке – уровень грунтовых вод изменялся в пределах от 65 до 100 см, а влажность почвы колебалась в пределах 72-90 % НВ.

В эти годы влажность почвы и УГВ находились в оптимальных диапазонах для роста и развития растений. В сухой и жаркий 2011 г. уровень воды в магистральном канале резко понизился, что не позволило набрать необходимого количества воды для увлажнения почвы. В результате чего УГВ понизился до 124 см, а влажность почвы упала ниже 60 % НВ, что отрицательно повлияло на урожай вико-овсяной смеси. Поддержание шлюзом-регулятором оптимального водного режима в 2012 – 2014 гг. эффективно сказалось на урожае. Урожай вико-овсяной смеси на зеленый корм по вариантам опыта за 2011-2014 гг. представлены в таблице 2.

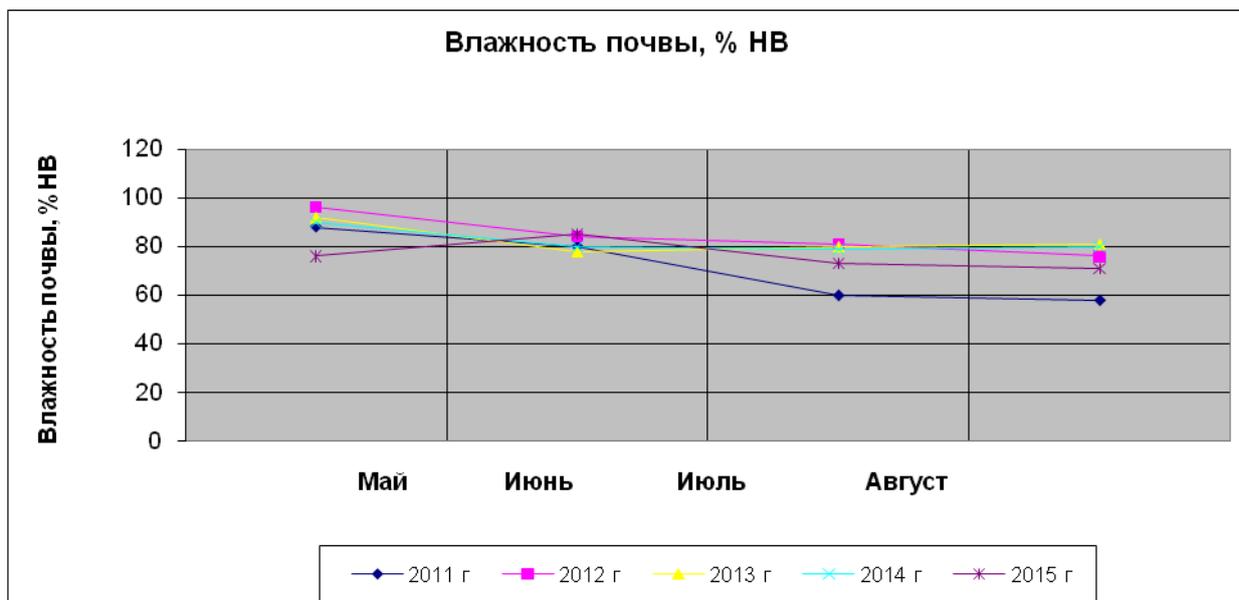


Рисунок 2 - Динамика влажности почвы за вегетационные периоды 2011-2014 гг.

Таблица 2 - Урожайность зеленой массы вико-овсяной смеси по вариантам опыта за 2011-2014 гг., т/га; % прибавка урожая

| Вариант | 2011 г | | 2012 г | | 2013 г | | 2014 г | | 2015 г | |
|----------|--------|-------|--------|------|--------|----|--------|------|--------|------|
| | т/га | % | т/га | % | т/га | % | т/га | % | т/га | % |
| Контроль | 4,8 | - | 15,7 | - | 12,5 | - | 12,7 | - | 12,5 | - |
| Фон | 10 | 108,3 | 19,5 | 24,2 | 14 | 12 | 14,5 | 14,2 | 14,0 | 12,0 |
| Фон+40 | 11,5 | 139,6 | 24,6 | 56,7 | 17 | 36 | 17,5 | 37,8 | 17,0 | 36,0 |
| Фон+60 | 12,5 | 160,4 | 27,3 | 73,9 | 19,5 | 56 | 20,9 | 64,6 | 19,5 | 56,0 |
| Фон+80 | 15 | 212,5 | 30,2 | 92,4 | 22,5 | 80 | 22,7 | 78,7 | 22,5 | 80,0 |

По данным таблицы видно, что самый высокий урожай вико-овсяной смеси на зеленой корм, как в первый, так и в последующие годы получен на варианте с внесением удобрительного мелиоранта 80 т на гектар. Урожай составил соответственно: 15,0; 30,2; 22,5; 22,7 и 22,5 т/га, что в 2 - 3 раза больше чем на контроле. Максимальная урожайность вико-овсяной смеси получена на всех вариантах во второй год исследований, что связано с благоприятными погодными условиями в период вегетации. Значительный урожай зеленой массы вико-овсяной смеси получен также на варианте фон+60 т/га удобрительного мелиоранта, который составил по годам: 12,5; 27,9; 19,5, 20,9 т/га, что дало прибавку от 56 до 160,4 %. В среднем за четыре года по этому варианту прибавка составила 75,9 %. По экономическим показателям вариант фон+60 т/га удобрительного мелиоранта является наиболее эффективным. Расчет эколого-экономической эффективности был выполнен в соответствии с РД-АПК 3.00.01.003-03 по оценке общественной эффективности, которая учитывает, наряду с повышением урожайности от внесения УМ, экологические последствия реализации мелиоративных мероприятий по восстановлению плодородия малопродуктивных и деградированных почв [13]. Дисконтированное сальдо приростного потока за 4 года функционирования опыта показал наибольшую эффективность варианта фон+60 т/га. За весь период исследований получено превышение урожайности всех вариантов норм внесения УМ по сравнению с контролем, что подтверждает перспективность применения разработанного удобрения-

мелиоранта для восстановления плодородия деградированных длительно используемых торфяных почв.

В результате применение удобрительного мелиоранта и поддержание оптимального водного режима шлюзованием показало, что наибольшую прибавку к урожаю зелёной массы вико-овсяной смеси дал вариант с внесением 80 т/га по всем четырем годам, а наиболее экономически эффективной дозой внесения в почву удобрительного мелиоранта является доза 60 т на гектар.

Применение шлюзования воды в мелиоративном канале позволяет повысить эффективность управления режимом влажности корнеобитаемого слоя мелиорируемых почв.

Список использованной литературы

1. Когут Б.М. Потери и воспроизводство органического вещества в пахотных почвах [Текст] /Лукин С.М., Масютенко Н.П., Шарков И.Н. / Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирование систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии. Т. 1. – М.: Почв. Ин-т им. В.В. Докучаева, 2013. – С. 369 – 382.

2. Яшин В.М. Повышение плодородия деградированных и малопродуктивных почв путём применения удобрительно-мелиорирующих смесей [Текст] / Кирейчева Л.В., Перегудов С.В., Евсенкин К.Н., Шилова Е.Ю. / Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. - № 5 – 6. – С. 26 – 31.

3. Кирейчева Л.В. Хохлова О.Б. Способ приготовления удобрительно-мелиорирующей смеси на основе карбонатного сапропеля «Патент РФ №2286321 от 27.10.2006 г.

4. Кирейчева Л.В. Комплексные мелиорации - основа создания продуктивных и устойчивых агроландшафтов, Юбилейная конференция, Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства, Том-1, М., 2009, с. 13-25.

5. Кирейчева Л.В. Использование биогумуса и удобрительно-мелиорирующей смеси для повышения плодородия длительно используемых почв выработанных торфяников. [Текст] Перегудов С.В., Яшин В.М., Евсенкин К.Н. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции ведущих специалистов, ученых, предпринимателей и производителей «Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: Проблемы, перспективы, достижения» Минск, 4-8 июня 2007 г.

6. Томин Ю.А. Требования сельскохозяйственных культур к водному режиму «Рекомендации по эффективному использованию мелиорируемых земель Рязанской области», Рязань, 1977, с. 41-47.

7. Маслов Б.С. Эффективность и режим увлажнения с-х культур на торфяных почвах в засушливые годы. [Текст] Марчук Р.Н., Томин Ю.А. Экспресс-информация, серия 2, вып.5, «Осушение и осушительные системы», М., 1973, с. 8-11.

8. Добрачев Ю.П. Шлюзование – один из методов снижения загрязнения водных объектов минеральным азотом. Мелиорация и окружающая среда. [Текст] Евсенкин К.Н.// Юбилейный сборник научных трудов, т.1, Москва, 2004, с.225-226.

9. Перегудов С.В. Изучение приемов повышения продуктивности сработанных торфяных почв [Текст] Евсенкин К.Н., Перегудова А.В., Фомкин А.В. // Агрехимический Вестник. – 2014. -№2. С. 14-17.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта - М.: «Колос», 1973. с. 15 - 40.

11. Временные методические указания водобалансовым станциям на мелиорируемых землях по производству наблюдений и обработке материалов – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1981. - 163с.

12. Нефедов А.В. Ресурсосберегающие и экологически безопасные режимы орошения многолетних трав в южной зоне Нечерноземья: Автореф... канд. дисс. – Рязань, 2001. – 23 с.

13. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель. РД-АПК 3.00.01.003-03.

14. Пыленок П.И. Исследование природоохранного режима комплексной мелиорации осушаемой аллювиальной почвы при возделывании раннего картофеля. [Текст] Сидоров И.В., Сельмен В.Н., Ситников А.В., Родькина В.Н., Гавриков А.В. // Сб. науч. Тр. Выпуск 3- Рязань; Мещерский филмал ГНУ ВНИИГиМ, 2008, с.447-452.

15. Ильинский А.В. Очистка и детоксикация оподзоленных и выщелоченных черноземов, загрязненных тяжелыми металлами. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / ВНИИГиМ им. Костякова. М., 2003.

УДК 556.18

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА КАЗАХСТАНА

Т.И. Есполов, Е.М. Калыбекова

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

Современное состояние водных ресурсов в Казахстане

В Послании Президента Н.А. Назарбаева народу Казахстана в Стратегии «Казахстан-2050. Новый политический курс состоявшегося государства» говорится: «Вода – крайне ограниченный ресурс и борьба за обладание источниками уже становится важнейшим фактором геополитики, являясь одной из причин напряженности и конфликтов на планете». Сегодня обеспечение населения Республики Казахстан качественной питьевой водой является ключевой проблемой, которую необходимо решить поэтапно: обеспечить население страны стабильным водоснабжением к 2020 году, сельское хозяйство к 2040 году и к 2050 году решить все проблемы с водными ресурсами. При этом нужно сохранить экологическую составляющую водных ресурсов – стабильность экосистем, развитие рыбоводства, экотуризм, сохранение уникальных природных богатств. В условиях глобального финансового кризиса недостаток водных ресурсов приведет к увеличению издержек.

Казахстан в целом испытывает недостаток водных ресурсов и по объему речного стока входит в число наименее водообеспеченных стран мира. Еще более усугубляет дефицит водных ресурсов зависимость отдельных регионов Казахстана от водохозяйственной политики соседних государств: России, Китая, Кыргызстана и Узбекистана (рис. 1).

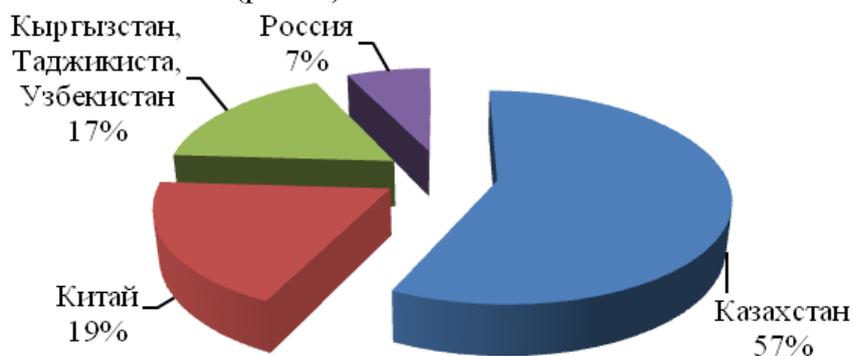


Рисунок 1 - Формирование поверхностных водных ресурсов, %

Анализ показывает, что суммарные водные ресурсы по мере развития отраслей экономики, как на территории сопредельных государств, так и в Республике Казахстан постепенно сокращаются. Водные ресурсы Казахстана включают две составляющие: поступающие по трансграничным рекам и формирующиеся на собственной территории.

По данным Института географии МОН РК если в шестидесятые годы суммарные водные ресурсы в Казахстане были равны 115,3 км³, то в 2010 г. они составили 94,7 км³. За 50 лет поверхностные водные ресурсы сократились почти на 20 км³ или на 18 %. Особый дефицит воды наблюдается в центральных районах Казахстана и Мангистауской области, где на территории, составляющей более 15 % земель Республики, запасы водных ресурсов составляют лишь 3,5 %.

Следующей особенностью поверхностного стока Казахстана является крайняя неравномерность распределения водных ресурсов и водообеспеченности территорий по водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан (табл. 1).

Согласно принятой международной классификации регионы с водообеспеченностью менее 1,7 тыс.м³/год на 1 человека относятся к испытывающим нехватку воды. Такими в республике являются центральный и западный регионы, где водообеспеченность составляет 1,11 и 1,09 тыс. м³/год.

Третьей особенностью водных ресурсов страны является тот факт, что самым крупным потребителем пресной воды является ирригация, на которую приходится 70% отбора воды из водных источников. Орошаемые земли вносят огромный вклад в мировое продовольственное обеспечение.

Таблица 1 - Распределение поверхностных водных ресурсов по бассейнам рек, км³

| Бассейны | Ресурсы | Формируется на территории Казахстана | Поступает с сопредельных государств |
|---------------------|---------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Арало-Сырдарьинский | 17,9 | 3,3 | 14,6 |
| Балхаш-Алакольский | 27,8 | 16,4 | 11,4 |
| Ертисский | 33,8 | 26 | 7,8 |
| Есильский | 2,2 | 2,2 | - |
| Нура-Сарысуйский | 1,3 | 1,3 | - |
| Тобол-Торгайский | 2 | 1,9 | 0,1 |
| Шу-Таласский | 4,2 | 1,1 | 3,1 |
| Жаик-Каспийский | 11,3 | 4,3 | 7 |
| Итого | 100,5 | 56,5 | 44 |

Примечание: данные Института географии МОН РК

Меры и механизмы по сокращению дефицита водных ресурсов

I. Экономия воды в сельском хозяйстве (6,5-7 млрд. м³ к 2030 г.). Для ее достижения необходима реализация следующих инициатив:

- внедрение современных методов орошения, таких как капельное орошение на 15 % посевных площадей к 2030 г., и других водосберегающих технологий, что позволит сэкономить 1,5 млрд. м³;

- переход к культурам с более высокой добавленной стоимостью и менее водо-интенсивным; постепенное сокращение малорентабельных и водоемких культур - риса и хлопка в Балхаш-Алакольском и Арал-Сырдарьинском бассейнах, постепенное сокращение посевных площадей риса и хлопка на 20-30 % с заменой их на

менее требовательные с точки зрения водных ресурсов овощные, масличные и кормовые культуры к 2030 г., что позволит сэкономить 3,5 млрд. м³ воды;

- снижение потерь воды при транспортировке, восстановление крупных инфраструктурных объектов, определение прав собственности и ответственности за их поддержание позволит в три раза сократить потери и сэкономить 1,8 млрд. м³ к 2030г.;

- измерение водозабора и сбор данных от всех конечных и промежуточных водопользователей; наличие счетчиков необходимо сделать обязательным условием для предоставления любой государственной поддержки в сельском хозяйстве.

II. Повышение эффективности водопользования в промышленности на 25 % позволит сэкономить 1,5-2 млрд. м³ к 2030 г. и предусматривает:

- снижение потребления воды на действующих предприятиях за счет внедрения технологий энергоэффективности, что ведет к экономии воды на единицу натурального продукта и водосбережению в энергетической, добывающей и металлургической отраслях; меры позволят сократить потребление воды на 20 %;

- повышение стандартов забора и очистки воды для промышленных предприятий, увеличение объемов повторного использования сточных вод и оборотного водоснабжения на 4 %.

III. Повышение эффективности водопользования в коммунальном хозяйстве на 10 %, что позволит сэкономить до 0,1 млрд. м³, предусматривает:

- устранение протечек в домах и коммунальных сетях;

- контроль давления воды в распределительных сетях;

- повышение стандартов водосбережения для бытовой техники и сантехники.

Наиболее остро стоит проблема деления ресурсов трансграничных рек, поэтому Казахстан должен достигнуть соглашения по всем водным объектам в результате переговоров и подписания/обновления соглашений с соседними странами.

Следующий комплекс мероприятий необходимо реализовать в любом случае в целях обеспечения национальной безопасности и предотвращения возможного будущего дефицита водных ресурсов:

- строительство водохранилищ и резервуаров для сдерживания стоков воды при паводках и компенсации вариативности в течение года;

- проработка устойчивого использования грунтовых вод (разведка, картографирование и разработка);

- ремонт и перестройка магистральных оросительных каналов, крупной инфраструктуры; строительство станций очистки сточных вод и установок очистки соленой и солоноватой воды;

- комплексный подход к восстановлению бассейновых систем, включая посадку леса, восстановление дельт, очистка от иловых осадков.

Кроме того, потребуются совершенствование политики управления водными ресурсами:

- улучшение системы управления водными ресурсами на национальном уровне и уровне бассейнов для обеспечения эффективного взаимодействия с водопользователями во всех секторах;

- определение лимитов на воду и тарифов, отражающих полную стоимость воды, пересмотр субсидий и стимулов для поощрения водосбережения.

Помимо дефицита водных ресурсов Казахстан сталкивается с проблемой загрязнения, как со стороны промышленных предприятий, так и вследствие недостаточной очистки сточных вод. Качество поверхностных вод практически всех вод-

ных объектов не соответствует установленным стандартам. Загрязненные воды рек на территорию нашей страны поступают с территорий Китая, Кыргызстана, Узбекистана. Причем несовершенство системы управления качеством воды бассейнов рек Казахстана, а также системы предупреждения и ликвидации вредного воздействия вод - одна из причин деградации экосистем.

Перечисленные проблемы водного сектора экономики Республики Казахстан могут иметь чрезвычайные негативные экономические и социальные последствия, наносящие ущерб окружающей среде, ресурсному потенциалу и здоровью населения. Уже сегодня, при свершившейся экологической катастрофе Аральского моря, стоит угроза озеру Балхаш, сложилась низкая обеспеченность населения безопасной питьевой водой, возникают экологические проблемы нефтегазового сектора в связи с возможными техногенными катастрофами при добыче нефти на шельфе Каспийского моря, развивается дефицит воды и загрязнение вод, засоление (опустынивание) сельскохозяйственных земель, ухудшается состояние большинства водных экосистем республики, возможны риски и ущербы от техногенных катастроф в связи с физическим износом гидротехнических сооружений.

Водные ресурсы Казахстана – живая, уникальная и уязвимая система, которая подвержена внешним рискам намного больше, чем в других странах. Если не устранить причины перечисленных водных проблем, то к 2020 году возникнут реальные угрозы для развития экономики, экологической устойчивости и обеспечения питьевой водой население страны.

Список использованных источников

1. Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана. 30 ноября 2015 г.
2. Труды Института Географии МОН РК «Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление», Алматы, 2011.
3. Государственная Программа управления водными ресурсами Казахстана, Астана, 2013.

УДК 574

ОЦЕНКА ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОДОСБОРОВ БАСЕЙНА РЕКИ ТАЛАС

М.К. Ешмаханов¹, Ж.С. Мустафаев², Н.А. Турсынбаев³

¹Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан;

²Таразский государственный педагогический институт, г. Тараз, Казахстан;

³Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Современный период интенсификации развития сельскохозяйственного производства водосборов бассейна реки Талас характеризуется прогрессивным вовлечением и освоением природно-ресурсного потенциала ландшафтов [1]. Для количественной оценки природно-ресурсного потенциала и экологических услуг рассмотрен учет тепло- и влагообеспеченности фаций применительно к водосборам бассейна реки Талас.

В основе природно-климатического или физико-географического районирования Земли лежит разделение территории на пояса, зоны и области с более и менее однородными условиями. Районирование может проводиться по собственно климатическим признакам, по характеру географических ландшафтов, определяемого классификацией Л.С. Берга, по особенностям общей климатической характеристики [2]. Природно-климатическая оценка

продуктивности природной системы осуществляется с помощью энергетических показателей [3]: сумма биологически активных температур ($\Sigma t, ^\circ\text{C}$), сумма осадков (O_c), продолжительность безморозного периода (T_o), испаряемость (E_o), фотосинтетически активная радиация (R), среднегодовая температура воздуха ($t_j, ^\circ\text{C}$) (табл. 1).

Таблица 1 – Природно-энергетические ресурсы природной системы бассейна реки Талас

| Метеостанции | Природно-энергетические показатели | | | | | | |
|---|------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| | $\Sigma t, ^\circ\text{C}$ | $O_c,$ мм | $E_o,$ мм | $R,$ кДж/см ² | $LE,$ кДж/см ² | $P,$ кДж/см ² | $T^\circ\text{C}$ |
| Горный класс ландшафтов или элювиальное | | | | | | | |
| Акташ | 2900 | 469 | 880 | 156.3 | 57.5 | 101.6 | 4.6 |
| Предгорный подкласс ландшафтов или трансэлювиальное | | | | | | | |
| Талас | 2775 | 327 | 960 | 164.2 | 44.8 | 106.8 | 7.6 |
| Предгорный равнинный подкласс ландшафтов или тансаккумулятивное | | | | | | | |
| Тараз | 3400 | 287 | 1020 | 170.9 | 38.2 | 111.5 | 9.0 |
| Равнинный класс ландшафтов или супераквальное | | | | | | | |
| Ойык | 3720 | 283 | 1270 | 185.2 | 55.7 | 137.9 | 9.2 |
| Байкадам | 3700 | 155 | 1110 | 180.8 | 35.2 | 117.5 | 9.8 |
| Камкалыкол | 3670 | 185 | 1147 | 186.5 | 18.6 | 121.2 | 9.7 |

Горные зоны (элювиальные) водосборов бассейна реки Талас обладают относительно низкой теплообеспеченностью ($\Sigma t = 2900 ^\circ\text{C}$), невысокими теплоэнергетическими ресурсами ($R = 156.3$ кДж/см²) и высокой влагообеспеченностью ($O_c = 469$ мм).

Предгорные зоны (трансэлювиальные) водосборов бассейна реки Талас обладают относительно средней теплообеспеченностью ($\Sigma t = 2775 ^\circ\text{C}$), невысокими теплоэнергетическими ресурсами ($R = 164.2$ кДж/см²) и высокой влагообеспеченностью ($O_c = 327$ мм).

Предгорные равнинные зоны (тансаккумулятивные) водосборов бассейна реки Талас обладают относительно высокой теплообеспеченностью ($\Sigma t = 3400^\circ\text{C}$), достаточными теплоэнергетическими ресурсами ($R = 170.9$ кДж/см²) и низкой влагообеспеченностью ($O_c = 287$ мм).

Равнинные зоны (суперакральные) водосборов бассейна реки Шу обладают относительно высокой теплообеспеченностью ($\Sigma t = 3670-3720^\circ\text{C}$), высокими теплоэнергетическими ресурсами ($R = 180.8-185.2$ кДж/см²) и очень низкой влагообеспеченностью ($O_c = 155-283$ мм).

Гидролого-климатическая оценка продуктивности природной системы на основе показателей, характеризующих степень обеспеченности ресурсами природной среды [3]: гидротермический коэффициент ($ГТК = 10 \cdot O_c / \Sigma t$), показатель увлажнения ($M_d = O_c / Cd$), коэффициент увлажнения ($K_y = O_c / E_o$), оценка увлажнения ($K_o = O_c / 0.18 \Sigma t$), индекс сухости ($\bar{R} = R / LO_c$), биолого-климатическая продуктивность ($БКП = K_y(\Sigma t / 1000)$), энергетический коэффициент тепловлагообмена ($K_m = LE / R$), показатель сухости, степень увлажненности (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, гидролого-климатические зоны формируются под действием теплоэнергетических ресурсов и атмосферных осадков, и их соотношений ($\bar{R} = R/LO_c$). При этом сбалансированность соотношений тепла и влаги водосборов бассейна реки Талас наблюдается только в горных и предгорных зонах, а в предгорных равнинных и равнинных зонах равновесное их состояние, в связи с низкой влагообеспеченностью, не соблюдается.

Таблица 2 - Климатическая продуктивность природной системы Казахстана

| Метеостанции | Абсолютная высота местности (H), м | Показатели климатической продуктивности | | | | |
|---|------------------------------------|---|-------|-------|-----------|-------|
| | | K_y | $ГТК$ | $БКП$ | \bar{R} | NA |
| Горный класс ландшафтов или элювиальное | | | | | | |
| Акташ | 2000 | 0.53 | 1.62 | 1.54 | 1.31 | 0.030 |
| Предгорный подкласс ландшафтов или трансэлювиальное | | | | | | |
| Талас | 1200 | 0.30 | 0.68 | 2.20 | 2.00 | 0.022 |
| Предгорный равнинный подкласс ландшафтов или тансаккумулятивное | | | | | | |
| Тараз | 642 | 0.20 | 0.59 | 0.68 | 2.38 | 0.016 |
| Равнинный класс ландшафтов или супераквальное | | | | | | |
| Ойык | 373 | 0.19 | 0.76 | 0.70 | 2.61 | 0.015 |
| Байкадам | 336 | 0.11 | 0.32 | 0.41 | 4.66 | 0.008 |
| Камкалы-кол | 317 | 0.09 | 0.37 | 1.17 | 4.03 | 0.010 |

Приведенная количественная характеристика естественных условий тепло- и влагообеспеченности водосборов бассейна реки Талас, достаточно убедительно говорит о том, что в горных и предгорных зонах ландшафтной системы может быть относительно высокая продуктивность в естественных условиях за счет полной соразмерности тепловых и водных ресурсов, то есть природная система не требует изменений.

Системный анализ показателей, характеризующих степень естественной тепло- и влагообеспеченности предгорных равнинных и равнинных зон водосборов бассейна реки Талас, позволяет сделать вывод о том, что наблюдаемое количественное изменение их в зависимости от вертикальной поясности, требует проведения комплексных изменений природной системы для повышения продуктивности ландшафтов.

Однако в процессе преобразований или реконструкции ландшафтов речных бассейнов на месте естественных приходится создавать агроландшафты или природно-технические системы, где путем антропогенной деятельности обеспечивается сбалансированность тепла и влаги с учетом их природного режима.

Почвенно-экологическое районирование природной системы водосборов речных бассейнов осуществляется с помощью интегральных критериев [4]:

- биологическая продуктивность почвы (\bar{B}):

$$\bar{B} = B / ПУ = \alpha_1 \cdot \bar{R} \cdot \exp(-\alpha \cdot R),$$

где: ПУ – потенциальная биохимическая продуктивность растительного покрова; α_1 - коэффициент, учитывающий состояние растительности; α - коэффициент пропорциональности; B - биологическая продуктивность растительного покрова в естественных ландшафтах;

- энергия, затрачиваемая на почвообразование (\bar{Q}) [5]:

$$\bar{Q} = Q/R = \exp(-\alpha_o \cdot \bar{R}),$$

где: Q – энергия, затрачиваемая на почвообразование, кДж/см² год; α_o - коэффициент, учитывающий состояние поверхности почвы.

- интенсивность влагообмена между почвенными и грунтовыми водами (\bar{g}):

$$\bar{g} = g/(O_c + O_p) = \exp(-1.5 \cdot \bar{R}).$$

- индекс почвы (S) [6]:

$$S = \frac{6.4(G_{гн} + 0.2G_{ф})}{600} + 8.5\sqrt{N\Phi\Phi} + 5.1\exp\left(\frac{H_z - 1}{4}\right),$$

где: $G_{гн}$ - гуматный гумус, т/га; $G_{ф}$ - фульватный гумус, т/га; $N\Phi\Phi$ - соответственно доли допустимых или полудопустимых норм азота, фосфора и калия по отношению к максимально возможному их содержанию; H_z - гидротермическая кислотность почвы, мг-экв/100 г.

- показатель благоприятности климата (CL) [6]:

$$CL = \sqrt{\arctg\left(\frac{T - 6^\circ}{4}\right) + 1.57} \cdot \sqrt{\arctg\left(\frac{HF - 112}{4}\right) + 1.57},$$

где: T - среднегодовая температура воздуха, °С; HF - показатель эффективности увлажнения, определяемый по формуле В.Р. Волобуева [5]:

$$HF = 43.2 \lg O_c - T.$$

На основе интегральных критериев, характеризующих состояние почвенного покрова ландшафтов, выполнено почвенно-экологическое районирование территории водосборов бассейна реки Талас (табл. 3).

Таблица 3 - Почвенно-экологическая оценка природной системы водосборов бассейна реки Талас

| Метеостанции | Абсолютная высота местности, м | Почвенно-экологический показатель | | | | | |
|---|--------------------------------|-----------------------------------|------|------|-------|-----------|-----------|
| | | HF | CL | S | P | \bar{g} | \bar{B} |
| Горный класс ландшафтов или элювиальное | | | | | | | |
| Акташ | 2000 | 83.8 | 0.99 | 7.10 | 7.03 | 0.0025 | 0.0423 |
| Предгорный подкласс ландшафтов или трансэлювиальное | | | | | | | |
| Талас | 1200 | 88.6 | 1.29 | 7.45 | 9.61 | 0.0020 | 0.0330 |
| Предгорный равнинный подкласс ландшафтов или тансаккумулятивное | | | | | | | |
| Тараз | 642 | 97.2 | 1.59 | 7.40 | 11.77 | 0.0015 | 0.0080 |
| Равнинный класс ландшафтов или супераквальное | | | | | | | |
| Ойык | 373 | 90.1 | 1.61 | 5.20 | 8.86 | 0.0000 | 0.0004 |
| Байкадам | 336 | 85.0 | 1.61 | 5.00 | 8.05 | 0.0000 | 0.0001 |
| Камкалы-кол | 317 | 93.6 | 0.99 | 5.90 | 5.84 | 0.0000 | 0.0007 |

На основе предложенных интегральных критериев выполнен расчет продуктивности ландшафтов водосборов бассейна реки Талас, который показал, что основным способом повышения продуктивности агроландшафтов является комплексная мелиорация, особенно в предгорных и равнинных зонах, где мелиорация увеличивает энергетический приток в почву за счет более эффективного использования приходящей суммарной солнечной радиации [7].

Как видно из таблицы 3, индекс почвы (S) на достаточно высоком уровне характеризует свойства ландшафта и дает лишь незначительную информацию о типе климата района. Этот пробел дополняет коэффициент (CL), характеризующий благоприятность климата для развития растительности. Биомасса (B) позволяет с большой степенью точности определить растительный опад (F) и продукцию биомассы растительности (PN) при условии, что известны химические элементы.

Выполненный для водосборов бассейна реки Талас расчет по определению затрат энергии почвообразования до и после мелиорации сельскохозяйственных земель приведен в таблице 4.

Таблица 4 - Затраты энергии почвообразования до и после мелиорации сельскохозяйственных земель водосборов бассейна реки Талас

| Метеостанции | Абсолютная высота местности, м | \bar{R}_i | Затраты энергии на почвообразование (Q , кДж/см ²) | | |
|---|--------------------------------|-------------|---|---------------------|------------|
| | | | при \bar{R}_i | при $\bar{R} = 1.0$ | ΔQ |
| Горный класс ландшафтов или элювиальное | | | | | |
| Акташ | 2000 | 1.31 | 84.40 | 97.69 | 13.29 |
| Предгорный подкласс ландшафтов или трансэлювиальное | | | | | |
| Талас | 1200 | 2.00 | 64.04 | 102.62 | 38.58 |
| Предгорный равнинный подкласс ландшафтов или тансаккумулятивное | | | | | |
| Тараз | 642 | 2.38 | 61.52 | 106.81 | 45.29 |
| Равнинный класс ландшафтов или супераквальное | | | | | |
| Ойык | 373 | 2.61 | 53.71 | 115.75 | 62.04 |
| Байкадам | 336 | 4.66 | 19.89 | 113.00 | 93.11 |
| Камкалы-кол | 317 | 4.03 | 27.98 | 116.63 | 88.65 |

Как видно из таблицы 4, затраты энергии на почвообразование во многом зависят от суммарной фотосинтетически активной радиации (R , кДж/см²) и гидротермического коэффициента («индекс сухости») (R_i). В естественных условиях их максимальное значение наблюдается в горных районах водосборов бассейна реки Талас, а на равнинных территориях их величина снижается в зависимости от годовой суммы атмосферных осадков.

Список использованных источников

1. Гидрогеологические основы оросительных мелиораций в бассейне рек Чу и Талас. - Л.: Гидрометеиздат, 1990. - 342 с.
2. Берг Л.С. Географические зоны Советского Союза. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Географгиз, 1947. - 397 с.
3. Мустафаев Ж.С., Умирзаков С.И., Козыкеева А.Т. Методологические основы ландшафтно-экологического районирования природной системы // Гидрометеорология и экология. - 2000. - №3-4. - С. 146-159.
4. Айдаров И.П., Корольков А.И., Хачатурьян В.Х. Моделирование почвенно-мелиоративных процессов // Биологические науки, 1987. - № 9.- С.25-38.
5. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. - М.: Наука, 1974. - 120 с.
6. Природы моделей и модели природы /Под ред. Д.М. Гвишиани. - М.: Мысль, 1986. - 270с.

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**М.Р. Заппаров, А.М. Жапбасбаева**

КазНИТУ имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Республика Казахстан

Подземные воды играют существенную роль в развитии производительных сил республики. Они широко используются для самых разнообразных целей – хозяйственно-питьевого водоснабжения населения и водопоя скота, производственно-технического водоснабжения, орошения земель, бальнеологических целей (минеральные воды), как сырье для извлечения ряда ценных полезных компонентов (промышленные воды), а также как источник тепла (теплоэнергетические воды). С учетом важности проблемы обеспечения населения водой хозяйственно-питьевого назначения проведена оценка территорий административных областей и водохозяйственных районов в целях определения степени их обеспеченности подземными водами. Данная оценка проведена отдельно по обеспеченности прогнозными ресурсами и разведанными запасами подземных вод хозяйственно-питьевого качества. Это сделано для того, чтобы выявить перспективную возможность обеспечения населения областей подземными водами хозяйственно-питьевого назначения и определить районы, где нет возможности, в силу сложившихся природно-геологических условий, обеспечить хозяйственно-питьевое водоснабжение населения за счет подземных вод даже на ближайшую перспективу. Ниже представлена карта, которая позволяет оценить степень обеспеченности различных регионов Казахстана прогнозными ресурсами и разведанными эксплуатационными запасами подземных вод хозяйственно-питьевого назначения (рис. 1). Административные области Республики Казахстан являются самостоятельными регионами, формирующими экономический потенциал государства. Поэтому очень важно оценить степень обеспеченности населения Казахстана питьевыми водами именно в разрезе административных областей. Сведения об обеспеченности крупных населенных пунктов (райцентров, рабочих поселков и пр.) представляются в виде табличного материала (табл. 1-9).

Выводы и рекомендации

Подводя итоги существующего хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Республики Казахстан и перспектив его развития, следует отметить ряд особенностей, отражающих картину обеспеченности населения пресными подземными водами. В целом население Казахстана полностью обеспечено разведанными запасами подземных вод не только на современном уровне, но и на далекую перспективу. При современной потребности в воде питьевого качества 2242 тыс. м³/сут. и перспективной на 2020 г. – 2939 тыс. м³/сут. разведанные эксплуатационные запасы для этих целей по состоянию составляют 15794 тыс. м³/сут. Распределение эксплуатационных запасов по территории Казахстана крайне неравномерно (рис. 1).

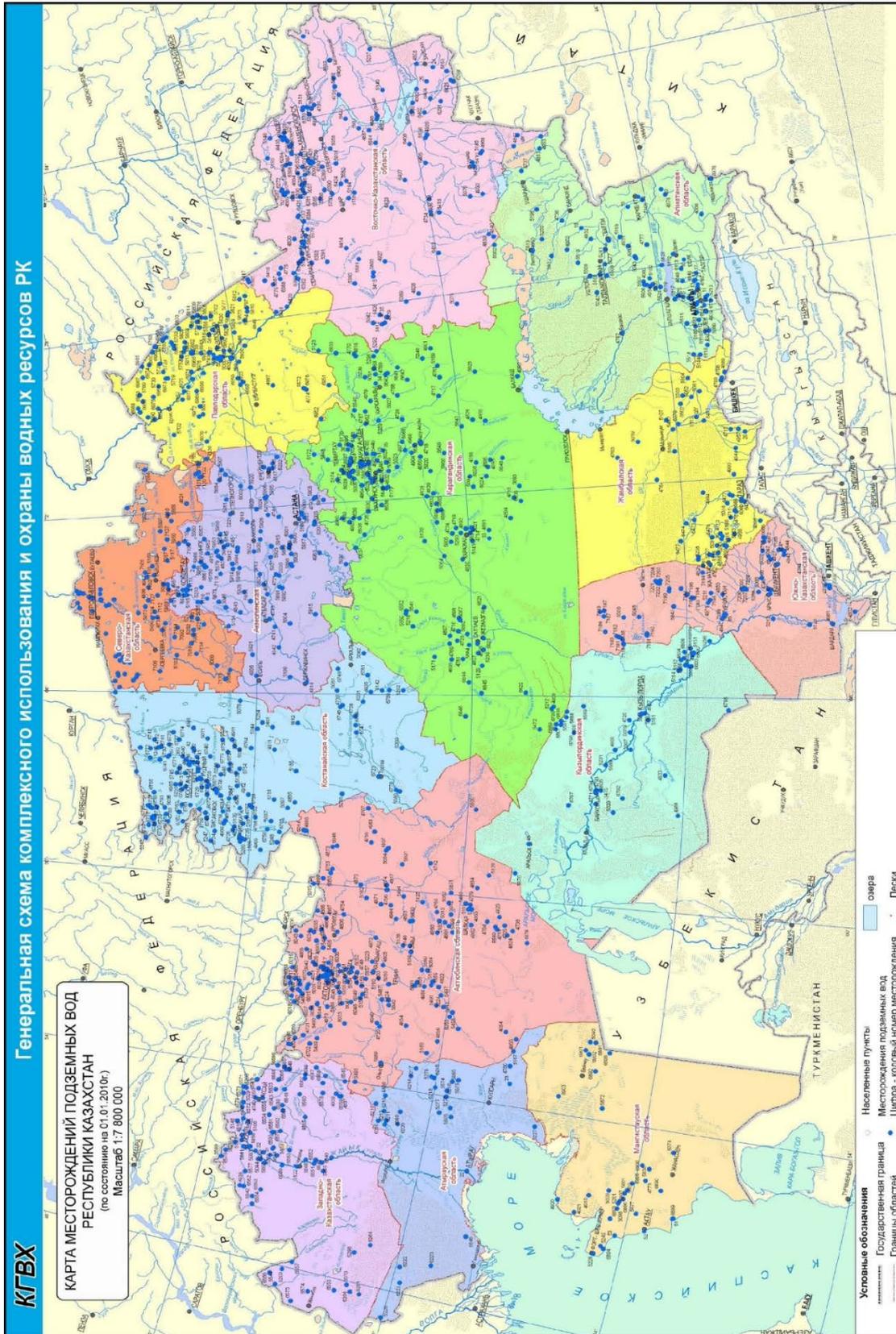


Рисунок 1 - Карта-схема месторождений подземных вод Республики Казахстан

В пределах всех областей также наблюдается неравномерность распределения подземных вод по отдельным районам. Городское население в лучшей степени обеспечено разведанными запасами подземных вод, чем сельское. Многие населенные пункты используют подземные воды на участках с неразведанными

запасами, зачастую с неизвестным качеством и эксплуатационными возможностями продуктивных водоносных горизонтов.

Обеспеченность подземными водами городского населения

Таблица 1 - Акмолинская область

| Населенный пункт | Численность населения, тыс. чел. | Потребность в воде для ХПВ, тыс. м ³ /сут | | | Наименование месторождения | Эксплуатационные запасы по категориям А+В+С ₁ +С ₂ тыс. м ³ /сут | Степень обеспеченности подземными водами |
|------------------|----------------------------------|--|---------------------|---------------|---|---|--|
| | | Общая | в т. ч. в подземной | | | | |
| | | | Современная | Перспективная | | | |
| г. Кокшетау | 129,244 | 31,45 | 1,453 | 2,734 | Чаглинка-1 | 7,8 | 80% |
| | | | | | Чаглинка-2 | 17,3 | |
| г. Атбасар | 28,744 | 6,4 | 1,21 | 1,742 | Атбасарское | 47,6 | 100% |
| г. Макинск | 17,81 | 4,01 | 0,46 | 0,888 | Кишкентайское | 6,3 | 100% |
| | | | | | Жалаирское | 2,1 | |
| г. Ерейментау | 11,897 | 3,26 | 0,754 | 0,79 | Ерментауское | 2,3 | 100% |
| | | | | | Северо-Ерментауское | 1,3 | |
| г. Акколь | 13,469 | 3,53 | 1,541 | 1,587 | Разведанных запасов нет, используются поверхностные воды и одиночные скважины | | |
| г. Степногорск | 59,505 | 13,97 | 1,92 | 2,791 | Разведанных запасов нет, используются поверхностные воды и одиночные скважины | | |
| г. Есиль | 10,568 | 2,94 | 0,142 | 0,306 | Кызылсуское | 14,3 | 100% |
| г. Щучинск | 42,952 | 10,19 | 0,47 | 0,903 | Щучинское | 2,6 | 26% |
| г. Степняк | 4,091 | 1,14 | 0,132 | 0,285 | Разведанных запасов нет, используются поверхностные воды и одиночные скважины | | |
| г. Державинск | 6,567 | 1,78 | 0 | 0 | Державинское | 5,2 | 100% |

Таблица 2 - Актюбинская область

| Населенный пункт | Численность населения, тыс. чел. | Потребность в воде для ХПВ, тыс. м ³ /сут. | | | Наименование месторождения | Эксплуатационные запасы по категориям А+В+С ₁ +С ₂ тыс. м ³ /сут | Степень обеспеченности подземными водами |
|------------------|----------------------------------|---|---------------------|---------------|----------------------------|---|--|
| | | Общая | в т. ч. в подземной | | | | |
| | | | Современная | Перспективная | | | |
| г. Алга | 18,01 | 3,63 | 1,3 | 2,6 | Алгинское | 29,7 | 100% |
| г. Кандыагаш | 27,68 | 5,18 | 2,28 | 3,36 | Кандыагашское | 23,7 | 100% |
| г. Эмба | 11,73 | 2,36 | 0,52 | 1,08 | Эмбинское | 8,7 | 100% |
| г. Темир | 1,91 | 1,33 | 0,83 | 1,04 | Темирское | 9,5 | 100% |
| г. Хромтау | 21,03 | 3,81 | 13,78 | 7,03 | Донское | 7,5 | 100% |
| | | | | | Кайрактинское | 31,4 | |
| г. Шалкар | 25,32 | 4,60 | 0,42 | 2,54 | Большие Барсуки | 8,4 | 100% |

Таблица 3 - Алматинская область

| Населенный пункт | Численность населения, тыс. чел. | Потребность в воде для ХПВ, тыс. м³/сут. в т.ч. в подземной | | | Наименование месторождения | Эксплуатационные запасы по категориям А+В+С ₁ +С ₂ тыс. м³/сут | Степень обеспеченности подземными водами |
|------------------|----------------------------------|--|------------------|---------------|----------------------------|---|--|
| | | Общая | в т.ч. подземной | | | | |
| | | | Современная | Перспективная | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| г. Капшагай | 37 | 6,02 | 3,535 | 3,271 | Николаевское | 70,3 | 100% |
| г. Талдыкорган | 108,6 | 29,31 | 12,88 | 21,22 | Талдыкорганское | 709,0 | 100% |
| г. Текели | 25,1 | 4,32 | 3,39 | 3,79 | Каринское | 41,0 | 100% |
| г. Ушарал | 15,4 | 2,83 | 0,43 | 1,31 | Алакольское | 1901,5 | 100% |
| г. Есик | 31 | 5,82 | 0,099 | 0,243 | Иссыкское | 12,7 | 100% |
| г. Каскелен | 34,3 | 8,21 | 4,704 | 7,816 | Каскеленское | 223,5 | 100% |
| г. Уштобе | 24,4 | 4,35 | 0,31 | 2,47 | Уштобинское | 86,4 | 100% |
| г. Жаркент | 33,1 | 6,01 | 2,841 | 3,046 | Хоргосское | 2643,9 | 100% |
| г. Сарканд | 13,7 | 2,44 | 0 | 0 | Акусское | 57,0 | 100% |

Таблица 4 - Карагандинская область

| Населенный пункт | Численность населения, тыс. чел. | Потребность в воде для ХПВ, тыс. м³/сут. в т.ч. подземной | | | Наименование месторождения | Эксплуатационные запасы по категориям А+В+С ₁ +С ₂ тыс.м³/сут | Степень обеспеченности подземными водами |
|---|----------------------------------|--|------------------|---------------|---|--|--|
| | | Общая | в т.ч. подземной | | | | |
| | | | современная | перспективная | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| г. Балхаш | 73,6 | 39,92 | 14,84 | 13,95 | Нижнетокрауское | 114,6 | 100% |
| | | | | | Верхнетокрауское | 250,6 | |
| | | | | | Токрауское | 82,6 | |
| г. Жезказган, г. Сатпаев | 162,952 | 85,23 | 71,234 | 75,883 | Айдосское | 51,7 | 100% |
| | | | | | Жанайское | 19,3 | |
| | | | | | Кагылское | 51,6 | |
| | | | | | Эскулинское | 43,7 | |
| | | | | | Уйтасское | 30,8 | |
| Шотыбасское | 6,5 | | | | | | |
| г. Темиртау | 162,567 | 58,42 | 24,926 | 16,386 | Верхний Бьеф | 131,1 | 100% |
| | | | | | Нижний Бьеф | 39,1 | |
| Для технического водоснабжения используются поверхностные воды канала Иртыш-Караганда | | | | | | | |
| г. Каражал | 9,831 | 2,38 | 3,404 | 3,775 | Тузольское | 29,4 | 100% |
| г. Каркаралинск | 6,151 | 3,65 | 2,594 | 3,609 | Среднежарлинское | 22,5 | 100% |
| г. Приозерск | 12,6 | 2,26 | 0,01 | 0,01 | Разведанных запасов нет, используются поверхностные воды и одиночные скважины | | |

Таблица 5 - Восточно-Казахстанская область

| Населенный пункт | Численность населения, тыс. чел. | Потребность в воде для ХПВ, тыс. м ³ /сут | | | Наименование месторождения | Эксплуатационные запасы по категориям А+В+С ₁ +С ₂ тыс. м ³ /сут | Степень обеспеченности подземными водами |
|------------------|----------------------------------|--|------------------|---------------|---|---|--|
| | | Общая | в т.ч. подземной | | | | |
| | | | современная | перспективная | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| г. Шемонаиха | 15,866 | 12,81 | 6,077 | 8,155 | Камышинское | 23,3 | 100% |
| | | | | | Шемонаихинское | 41,0 | |
| г. Риддер | 61,94 | 11,45 | 9,29 | 11,15 | Лениногорское | 121,4 | 100% |
| | | | | | Журавлихинское | 21,7 | |
| г. Аягоз | 36,4 | 6,92 | 0,68 | 0,79 | Аягузское | 25,9 | 100% |
| г. Серебрянск | 10,208 | 1,80 | 0 | 0 | Разведанных запасов нет, используются поверхностные воды и одиночные скважины | | |
| г. Курчатов | 10,359 | 1,69 | 0 | 0 | Разведанных запасов нет, используются поверхностные воды и одиночные скважины | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------|--------|-------|--------|--------|---------------|-------|------|
| г. Шар | 7,443 | 2,34 | 1,53 | 2,269 | Чарское | 11,7 | 100% |
| г. Зыряновск | 40,8 | 47,45 | 24,132 | 31,255 | Греховское | 27,6 | 100% |
| | | | | | Богатыревское | 169,6 | |
| г. Зайсан | 15,513 | 2,81 | 0,402 | 1,391 | Даировское | 62,2 | 100% |

Таблица 6 - Костанайская область

| Населенный пункт | Численность населения, тыс. чел. | Потребность в воде для ХПВ, тыс. м ³ /сут | | | Наименование месторождения | Эксплуатационные запасы по категориям А+В+С ₁ +С ₂ тыс. м ³ /сут | Степень обеспеченности подземными водами |
|------------------|----------------------------------|--|------------------|---------------|--|---|--|
| | | Общая | в т.ч. подземной | | | | |
| | | | современная | перспективная | | | |
| г. Рудный | 122,118 | 39,36 | 25,777 | 32,725 | Разведанных запасов нет, для ХПВ используются поверхностные воды | | |
| г. Аркалык | 25,566 | 10,3 | 0,951 | 4,944 | Ащитастинское | 20,7 | 100% |
| | | | | | Каратургайское | 58,8 | |
| | | | | | Южнокаратургайское | 39,0 | |
| | | | | | Западнокаратург. | 65,5 | |
| | | | | | Терсакканское | 9,7 | |
| г. Лисаковск | 40,194 | 51,9 | 32,148 | 50,964 | Степное | 15,2 | 100% |
| | | | | | Лисаковское | 51,9 | |
| г. Житикара | 33,305 | 8,17 | 1,979 | 0,06 | Джетыгаринское | 8,3 | 100% |
| | | | | | Шекубаевское | 11,4 | |
| | | | | | Шортандинское | 11,3 | |
| | | | | | Отвальное | 3,6 | |

Таблица 7 - Кызылординская область

| Населенный пункт | Численность населения, тыс. чел. | Потребность в воде для ХПВ, тыс. м ³ /сут | | | Наименование месторождения | Эксплуатационные запасы по категориям А+В+С ₁ +С ₂ тыс. м ³ /сут | Степень обеспеченности подземными водами |
|------------------|----------------------------------|--|------------------|---------------|----------------------------|---|--|
| | | Общая | в т.ч. подземной | | | | |
| | | | современная | перспективная | | | |
| г. Аральск | 29,41 | 6,82 | 0,36 | 1,81 | Толагайское | 95,0 | 100% |
| г. Казалинск | 3,85 | 1,63 | 0,17 | 0,26 | Байхожинское | 4,3 | 100% |
| | | | | | Толагайское | 95 | |
| г. Байконыр | 64,0 | 50,0 | 16,0 | 50,0 | Левобережное | 50,0 | 100% |
| | | | | | Тазнура | 159,0 | |

Таблица 8 - Южно-Казахстанская область

| Населенный пункт | Численность населения, тыс. чел. | Потребность в воде для ХПВ, тыс. м ³ /сут | | | Наименование месторождения | Эксплуатационные запасы по категориям А+В+С ₁ +С ₂ тыс. м ³ /сут | Степень обеспеченности подземными водами |
|------------------|----------------------------------|--|------------------|---------------|----------------------------|---|--|
| | | общая | в т.ч. подземной | | | | |
| | | | современная | перспективная | | | |
| г. Арысь | 37,73 | 7,68 | 1 | 1,45 | Арыское | 34,58 | 100% |
| г. Кентау | 56,43 | 32,62 | 10,18 | 5,12 | Икансу-Ктайское | 129,6 | 100% |
| | | | | | Бересек-Кантагинское | 73,9 | |
| г. Ленгер | 19,41 | 4,37 | 0,67 | 1,16 | Александровское | 28,5 | 100% |
| | | | | | Ленгерское | 4,3 | |
| г. Туркестан | 93,26 | 19,26 | 3,32 | 6,88 | Карачикское | 57,3 | 100% |
| г. Жетысай | 29,5 | 6,85 | 2,25 | 3,43 | Голодностепское | 76,5 | 100% |
| г. Сарыагаш | 26,76 | 5,83 | 0,86 | 2,31 | Абайское | 51,8 | 100% |
| г. Шардара | 30,34 | 5,74 | 0,001 | 1,71 | Нижнетугайское | 13,0 | 100% |
| | | | | | Шардаринское | 45,27 | |

Таблица 9 - Жамбылская область

| Населенный пункт | Численность населения, тыс. чел. | Потребность в воде для ХПВ, тыс. м ³ /сут | | | Наименование месторождения | Эксплуатационные запасы по категориям А+В+С ₁ +С ₂ тыс. м ³ /сут | Степень обеспеченности подземными водами |
|------------------|----------------------------------|--|------------------|---------------|----------------------------|---|--|
| | | Общая | в т.ч. подземной | | | | |
| | | | современная | перспективная | | | |
| г. Жанатас | 23,416 | 5,83 | 1,996 | 3,764 | Беркутинское | 20,0 | 100% |
| | | | | | Жилыбулакское | 343,9 | |
| | | | | | Копбулакское | 25,0 | |
| | | | | | Шабактинское | 28,56 | |
| | | | | | Шабакты-2 | 11,7 | |
| г. Каратау | 28,049 | 6,36 | 2,202 | 3,281 | Тамдинское | 18,7 | 100% |
| | | | | | Майтобинское | 23,2 | |
| г. Шу | 32,851 | 7,87 | 1,291 | 3,662 | Шу-Новотроицкое | 117,1 | 100% |

Действующие скважины, как правило, одиночные, функционируют не регулярно, режим эксплуатации не изучается. В подобных условиях невозможно дать какие-либо гарантии на долгосрочную эксплуатацию подземных вод на этих участках. В настоящее время в связи с истечением расчетного срока эксплуатации необходимо произвести переоценку эксплуатационных запасов этих месторождений подземных вод. Отсутствие надлежащего контроля за деятельностью предприятий, загрязняющих окружающую среду, приводит к ситуациям, когда возникает опасность загрязнения подземных вод на участках с разведанными запасами. Необходимо регулярно вести контроль за качеством подземных вод эксплуатационных горизонтов в зоне влияния крупных загрязнителей, осуществлять мероприятия по локализации ореолов загрязнения и недопущению проникновения загрязненных вод в подземные воды, используемые для хозяйственных целей.

Список использованных источников

1. Веселов В.В., Махмутов Т.Т., Смоляр В.А и др. Месторождения подземных вод Казахстана. Том: 1,2,3. Алматы, 1999;
2. Гидрогеологическая карта Казахстана масштаба 1:1 000 000 под редакцией Ужженова Б.С. (авторы: Нестеркина Н.В., Буров Б.В., Касымбеков Д.А., Смоляр В.А., Шестакова В.В.). Алматы, Комитет геологии и недропользования, 2004 г.;
3. Гольдберг В.М., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. М. Недра, 1984;
4. Информационный бюллетень по учету подземных вод и контролю за их охраной от истощения и загрязнения в Республике Казахстан. Алматы, 1982-2004;
5. Ковалевский В.С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду. М.: Наука, 1879. 356 с.;
6. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выделения зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. Утверждены Министром охраны окружающей среды и природных ресурсов Р.Ф. 30.11.1992;
7. Куделин Б.И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. М.:Издательство МГУ, 1960. 346 с.;

8. Лаврентьев П.Ф., Тепляков И.Н. Современное состояние и перспективы водообеспеченности городов Казахской ССР. Алма-Ата: КазНИИТИ, 1979. 60 с.;
9. Подземные воды Казахстана. Ресурсы, использование и проблемы охраны. Алматы: ФЫЛЫМ, 1999, 284 с.
10. Программа развития ресурсной базы минерально-сырьевого комплекса Республики Казахстан на 2003-2010 гг.
11. Программа развития малых городов республики Казахстан на 2004-2006 гг. Региональные ресурсы подземных вод Казахстана. Алма-Ата, Наука 1983. 158 с.

УДК 631.674

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ РЕЗКОГО ИЗМЕНЕНИЯ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ

Р.Ю. Захаров*, Н.Е. Волкова**

*Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение) ФГАОУ ВО "КФУ им. В.И. Вернадского", г. Симферополь, Россия;

**ФГБУН «НИИ сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь, Россия

Переход на водообеспечение Крымского региона за счет собственных источников привел к формированию вододефицитных условий, это в дальнейшем повлекло нарушение сформировавшегося в Республике процесса «устойчивого» водопользования. Наиболее негативно это отразилось на пользователях орошаемых земель и экологическом состоянии ряда водных объектов Крымского полуострова. В результате произошедших изменений большая часть оросительной сети, дождевальной техники и средств полива, насосно-силового оборудования не была вовлечена в сельскохозяйственное производство. Как следствие это повлекло снижение занятости населения. Первым шагом к улучшению сложившейся в результате резкого изменения водообеспеченности территории ситуации в орошаемом земледелии является рациональное использование местных водных объектов в сочетании с максимальным вовлечением в производство имеющихся ресурсов. Цель данной работы: обосновать целесообразность дальнейшего использования технических средств, которые можно эффективно использовать на участках, обеспеченных водоисточником.

Вопросам ведения орошения, усовершенствования его принципов и технических средств посвящено много работ и разработок отечественных и зарубежных специалистов. В работах прослеживается идея, заключающаяся в том, что окончательным шагом в процессе выбора способа орошения и техники полива является анализ экономических показателей [1-5], то есть в основу заложены интересы пользователя орошаемых земель. Это в свою очередь означает, что в современных финансово ограниченных условиях необходимо по максимуму сохранить и использовать имеющийся ресурсный потенциал (технические средства: дождевальную технику, насосно-силовое оборудование, контрольно-измерительную аппаратуру), квалифицированный персонал.

Остановимся более подробно на вопросе сохранения имеющейся дождевальной техники. На протяжении более 30 лет основным способом полива в Республике Крым было дождевание – на его долю приходилось от 60 до 85 % площадей орошаемых земель. На рисунке 1 приведена динамика изменения площади поливаемых земель за период с 1994 по 2015 гг.

За указанный период парк дождевальной техники уменьшился с 4714 (1994 г.) до 1306 единиц (на начало поливного сезона 2015 г.). Одной из основных причин этого является переход к рыночной экономике, следствием которого стало уменьшение финансовых средств государства, которые вкладывались в развитие орошаемого земледелия.

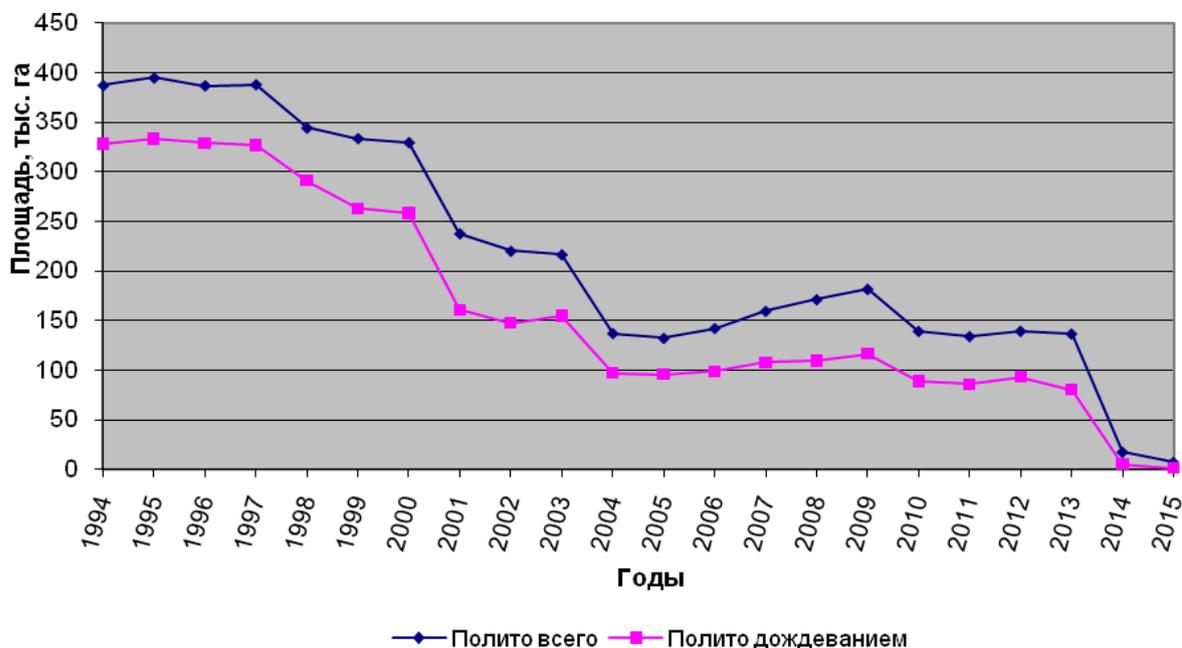


Рисунок 1 – Динамика политых площадей за период с 1994 по 2015 гг.

В результате в Республике Крым постепенно начали уменьшаться площади поливных земель. В 2000 г. произошло распаивание земель, в том числе и относящихся к категории орошаемых. Вследствие этого в 2002 г. площадь политых земель уменьшилась до 220,2 тыс. га, но при этом начался процесс обновления парка дождевальной техники. За период с 01.01.2001 по 01.01.2015 гг. было приобретено 289 дождевальных машин. На рисунке 2 приведена структура обновления парка дождевальной техники по моделям и техническому состоянию на момент приобретения. Большинство новой техники приобреталось в кредит, некоторые предприятия до сих пор еще не рассчитались с задолженностью. По итогам поливного сезона 2015 года дождевальная техника фактически не использовалась. Основным способом полива, используемым на орошаемых землях, привязанных к местному стоку, является наиболее водозатратный - полив по бороздам. В сформировавшихся вододефицитных условиях это является недопустимым и требует принятия мер, направленных на внедрение в производство ресурсосберегающих средств и техники полива.

В Республике Крым к местному стоку привязано более 40 тыс. га орошаемых земель, из них в 2013 году поливалось около 30 %, в 2014 г. – 26 %, а в 2015 г. – около 24 %. После 2014 г. произошло перераспределение водных ресурсов между группами водопользователей с приоритетом питьевого водоснабжения. В таблице 1 приведена информация по орошаемым землям, привязанным к местному стоку, и их использованию.

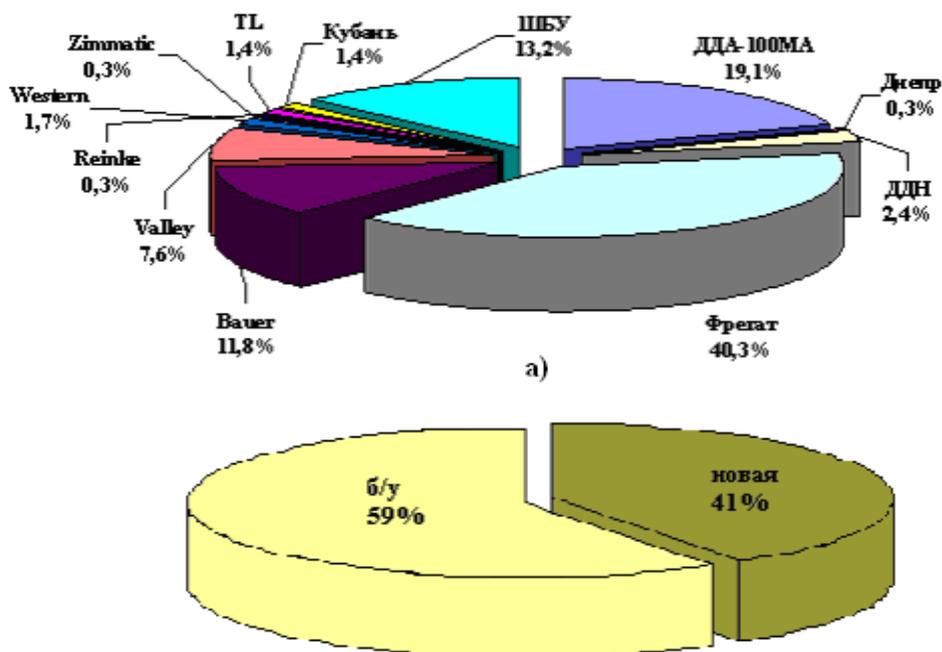


Рисунок 2 – Структура обновления парка дождевальной техники:
а) по моделям; б) по техническому состоянию на момент приобретения

Таблица 1 – Орошаемые земли, привязанные к местному стоку

| Районы | Орошаемые земли, привязанные к местному стоку, га | Земли, которые можно полить без дополнительных капиталовложений, в том числе с использованием дождевальной техники, га | Полиито, га | |
|--------------------------|---|--|-------------|---------|
| | | | 2014 г. | 2015 г. |
| Бахчисарайский | 8778 | 4115 | 3559 | 3149 |
| Белогорский | 6807 | 1620 | 595 | 700 |
| Джанкойский | 750 | 180 | 36 | 180 |
| Кировский | 1737 | 58 | 1 | 58 |
| Красногвардейский | 1438 | 1400 | 548,6 | 1066 |
| Красноперекоский | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ленинский | 20 | 0 | 0 | 0 |
| Нижегорский | 8001 | 2713 | 1850 | 1470 |
| Первомайский | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Раздольненский | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Сакский | 404 | 270 | 270 | 141 |
| Симферопольский | 8026 | 2044 | 2044 | 1513 |
| Советский | 946 | 122 | 0 | 0 |
| Черноморский | 1260 | 0 | 0 | 0 |
| г. Алушта | 2183 | 1437 | 1426 | 1426 |
| г. Судак | 1388 | 814 | 614 | 578 |
| г. Феодосия | 100 | 0 | 0 | 0 |
| г. Ялта | 372 | 263 | 147 | 90 |
| Итого по Республике Крым | 42210 | 15036 | 11090 | 10371 |

Необходимо отметить, что в настоящее время часть водных объектов, к которым привязаны орошаемые земли, не используется. Это объясняется рядом причин, среди которых необходимо отметить две основные: плохое техническое состояние водоаккумулирующих сооружений (прудов) и разводящих сетей, наличие бесхозных водных объектов [6]. Эти проблемы решаемы, а для возобновления орошения в современных ресурсоограниченных условиях в первую очередь необходимо использовать имеющиеся технические средства полива, что с одной стороны позволит сократить капиталовложения в организацию орошаемого земледелия, а с другой - пользователи, приобретшие современную дождевальную технику, но не имеющие возможности ее использовать, могут сдавать ее в аренду или продать и вернуть тем самым, хотя бы часть своих финансовых затрат.

При выборе способа полива необходимо обратить внимание на такой климатический фактор как вероятность атмосферной засухи и суховеев, как одного из ограничивающих условий использования капельного орошения по сравнению с дождеванием. Ниже в таблице 2 приведена информация по вероятности повторения атмосферной засухи по метеостанциям Нижнегорск и Симферополь, в зоне действия которых располагается значительная доля орошаемых земель, привязанных к местному стоку. Из анализа таблицы 2 наглядно видно, что по метеостанции Нижнегорск, в среднем более чем в двух месяцах из шести наблюдаются атмосферные засухи (продолжительность бездождевого периода в среднем составляет около 11-20 дней с вероятностью повторения 95 %), а по метеостанции Симферополь – полтора месяца из шести (продолжительность бездождевого периода – 11-20 дней с вероятностью 80 %).

Таблица 2 - Вероятность атмосферной засухи [7]

| Типы атмосферной засухи | Число дней за теплый период | | | Вероятность лет с атмосферной засухой и суховеями, % |
|-------------------------|-----------------------------|-----|-----|--|
| | среднее | max | min | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Станция Нижнегорск | | | | |
| Слабые | 52,7 | 73 | 35 | 100 |
| Средней интенсивности | 17,6 | 41 | 5 | 100 |
| Интенсивные | 2 | 7 | 0 | 72 |
| Очень интенсивные | 0,2 | 1 | 0 | 5 |
| Всего | 72,5 | 105 | 46 | 100 |
| Станция Симферополь | | | | |
| Слабые | 44,5 | 70 | 22 | 100 |
| Средней интенсивности | 11,9 | 38 | 0 | 95 |
| Интенсивные | 1,1 | 4 | 0 | 53 |
| Очень интенсивные | 0,1 | 1 | 0 | 5 |
| Всего | 57,6 | 100 | 25 | 100 |

В своей книге «Дождевальные машины и их применение» К. В. Губер отметил, что одним из преимуществ дождевания является увлажнение не только почвы, но и приземного слоя воздуха, что уменьшает энергию испарения. Физиологическое воздействие дождевания на растение проявляется в понижении температуры тканей листьев, быстром снабжении их водой, увеличении процесса фотосинтеза и повышении жароустойчивости растений [8].

Так же необходимо отметить негативное влияние суховея (по метеостанции Симферополь среднее количество дней с данным негативным явлением за вегетационный период – 23, а наибольшее – 53) на возделывание ряда овощных и зеленых культур на капельном орошении. Оно выражается в повреждении листовой поверхности пылевыми частицами, что приводит к ухудшению качества получаемой продукции (салаты, зеленый лук, капуста). Проведенный вовремя полив дождевальной машиной позволяет решить указанную проблему.

Микроорошение и дождевание имеют свои достоинства и недостатки. Выбор того или иного способа полива зависит от совокупности ряда факторов, немаловажным из которых является производственный опыт возделывания сельскохозяйственных культур. Ниже в таблице 3 приведены удельные затраты воды на 1 ц продукции и 1 га при возделывании кукурузы на зерно и картофеля в 2013 г. в степной зоне Крымского региона.

Таблица 3 – Возделывание картофеля и кукурузы на зерно в 2013 г.

| Наименование предприятия | Поли- тая пло- щадь, га | Водопода- ча, тыс. м ³ | Урожай- ность, ц/га | Затраты воды на 1 га, м ³ | Затраты воды на 1 ц, м ³ |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|--|---|
| <i>картофель</i> | | | | | |
| <i>Дождевание (ДДА-100МА)</i> | | | | | |
| ФХ "Елена" | 80 | 200 | 69,2 | 2500,0 | 36,1 |
| ФХ "Виктория" | 19,5 | 84 | 77,9 | 4307,7 | 55,3 |
| СПК «Грузия» | 100 | 327,6 | 142 | 3276,4 | 23,1 |
| ООО «Крым Агро- инвест» | 20 | 60,5 | 275,5 | 3023,1 | 11,0 |
| <i>Капельное орошение</i> | | | | | |
| ООО "Днипро 99" | 8 | 10,7 | 72,5 | 1340,0 | 18,4 |
| ФЛ «Сахаров» | 20 | 25 | 150 | 1250,0 | 8,3 |
| ЧЛ «Полевик» | 3 | 4,4 | 126,7 | 1450,0 | 11,6 |
| <i>кукуруза на зерно</i> | | | | | |
| <i>Дождевание («Фрегат»)</i> | | | | | |
| СПК "Юбилейный" | 318 | 290 | 51 | 911,9 | 17,9 |
| П-тие "Технопро- ект" | 180 | 700 | 60,2 | 3888,9 | 64,6 |
| ЧП "Агрокапитал" | 30 | 72 | 76 | 2400,0 | 31,6 |
| <i>Капельное орошение</i> | | | | | |
| ООО "Осавиахим" | 30 | 78 | 100,86 | 2600,0 | 25,8 |
| ООО "Укрзерно- пром Уютное" | 634 | 1264 | 68,13 | 1993,7 | 29,3 |
| ООО "Укрзерно- пром Елизаветово" | 322 | 2106 | 104,1 | 6540,4 | 62,8 |

Из таблицы 3 наглядно видно, что экономии воды при возделывании кукурузы на зерно при капельном способе полива по сравнению с дождеванием фактически нет ни по затратам на 1 га, ни на 1 ц. При возделывании картофеля на микроорошении в 2013 г. четко просматривается экономия воды более чем в два раза при

примерно одинаковом уровне урожайности, но до 2014 г. основным способом полива при возделывании данной культуры оставалось дождевание. На капельном орошении выращивали ранние сорта картофеля, которые имели лучшую окупаемость.

В данной статье рассмотрены только несколько факторов, влияющих на выбор способа полива, но они отражают две основные составляющие, имеющие наибольшее значение в сложившихся вододефицитных условиях – это необходимость учета интересов пользователей орошаемых земель и внедрение водосберегающих технологий.

Исходя из вышеизложенного, имеющиеся технику и средства полива, кадровый потенциал необходимо по возможности сохранить и внедрить в сельскохозяйственное производство дождевание, которое для Крымского региона является конкурентоспособным способом полива, особенно для возделывания кормовых, зерновых, технических культур. При выращивании овощей и зелени выбор способа полива необходимо делать на основании экономического сравнения вариантов с учетом производственного опыта.

Список использованных источников

1. Головинов Е.Э. Технология оперативного контроля работы дождевальной техники в режиме реального времени при производстве поливов/ Е.Э. Головинов, М.Н. Лытов // Комплексные мелиорации – основа повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Материалы юбилейной международной научной конференции, 2014. – С. 24-29;
2. Фокин Б.П. Современные проблемы применения многоопорных дождевальных машин/ Б.П.Фокин, А.К. Носов. – Ставрополь, 2011. – 80 с.;
3. Кузнецов Е.И. Орошаемое земледелие: учебное пособие / Е.И. Кузнецов, Е.Н. Закабунина, Ю.Ф. Снопич. – Москва: ФГБОУ ВПО РГАЗУ, 2012. – 117 с.;
4. Методические указания по совершенствованию технологий орошения и повышению эффективности использования местного стока для орошения земель сельскохозяйственного назначения. – Новочеркасск: ФГБНУ «РосНИИПИМ», 2015. – 147 с.;
5. Рекомендации по подбору эффективных способов и техники орошения сельскохозяйственных культур. – Новочеркасск: ФГБНУ «РосНИИПИМ», 2015. – 51 с.;
6. Волкова Н.Е. Повышение роли водопользователя в системе орошаемого земледелия на примере Республики Крым / Н.Е. Волкова, Р.Ю. Захаров // Сб. н. трудов «Строительство и техногенная безопасность». – 2015. - №1 (53). – С. 124-133;
7. Агрокліматичний довідник по Автономній Республіці Крим (1986-2005 рр.) / под ред. О.І. Прудка. – Сімферополь: ЦГМ в АРК, 2011. – 343 с.;
8. Губер К.В. Дождевальные машины и их применение/ К.В. Губер. – Москва: Россельхозиздат, 1975. – 71 с.

УДК 551.579:502.63

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗЕРА БАЛХАШ

Б.А. Зулпыхаров, Ж.С. Мустафаев, Е.С. Саркынов

Казахский национальный аграрный университет, г.Алматы, Казахстан

Озеро Балхаш – третий, после Каспийского и Аральского морей, бессточный водоем южной аридной части страны.

Котловина озера расположена в Балхашской впадине на высоте 340 м. Характерной особенностью морфологического строения озера является его удлиненная форма: длина озера составляет около 600 км при средней ширине 30 км (наибольшая).

шая ширина 70 км) (табл. 1, рис. 1). Примерно посредине озера, с южного берега, резко выдается полуостров Сары-Исек, северная оконечность которого отделена от противоположного берега узким проливом (Узун-Арал). Полуостров делит акваторию озера на две части: Западную и Восточную. Ширина пролива в зависимости от уровня воды колеблется от 3,4 до 10 км. При уровне 342,0 м ширина этого пролива составляет 5,0 км, средняя глубина около 4м. Такая форма и особенно узкий пролив обуславливают неоднородность распределения по акватории гидрометеорологических и гидрохимических характеристик. Водообмен через пролив играет важную роль в водно-солевом режиме озера [1].



Рисунок 1 – Кривые зависимости площади зеркала озера Балхаш от уровня в нем

Таблица 1 – Основные морфометрические характеристики западной и восточной частей озера Балхаш при $v_{342,0м}$

| Наименование | Западная часть | Восточная часть |
|----------------------------------|----------------|-----------------|
| Длина, км | 296 | 318 |
| Ширина, км | | |
| средняя | 36 | 24 |
| Наибольшая | 70 | 47,5 |
| Площадь зеркала, км ² | 10630 | 7580 |
| Глубина, м | | |
| Средняя | 4,6 | 7,6 |
| Наибольшая | 11,0 | 26,5 |
| Объем воды, км ³ | 47,8 | 57,6 |

Берега озера в западной, северной и юго-восточной частях высокие, каменистые и сравнительно мало изрезаны. Южное побережье от дельты р. Или до залива Карачаганак отличается низкими песчаными берегами, возвышающимися над уровнем воды на 1-2 м. Многочисленные заливы, глубоко вдающиеся в берег, множество отмелей и кос, выступающих в озеро, определяют сильную изрезанность береговой линии. Суммарная площадь заливов и озер в прибрежной части меняется в зависимости от уровня, и в среднем составляет около 5-7 % площади зеркала озера. Основные морфометрические характеристики западной и восточной

части озера при отметке 342,0 м. приведены на схеме оз. Балхаш. Западная и восточная части озера существенно различаются по размерам и форме котловин. Западный Балхаш более широкий и более мелкий водоем, чем восточный. Рельеф дна однообразен. Зона больших глубин простирается вдоль северного и западного берегов, наибольшие глубины (до 12,8 м) - в заливе Бертыс. Восточный Балхаш узкий и более глубокий водоем. Здесь выделяются четыре глубоководных плеса, три из которых по 12 – 16 м, наиболее глубокий приходится на крайнюю восточную оконечность [2, 3].

Батиметрическая карта озера была впервые составлена И.Д. Домрачевым в 1928– 31 гг. Существующие зависимости площади зеркала и объема озера от высоты приведены на графиках (рис. 2, 3) и в таблицах (табл. 2, 3).

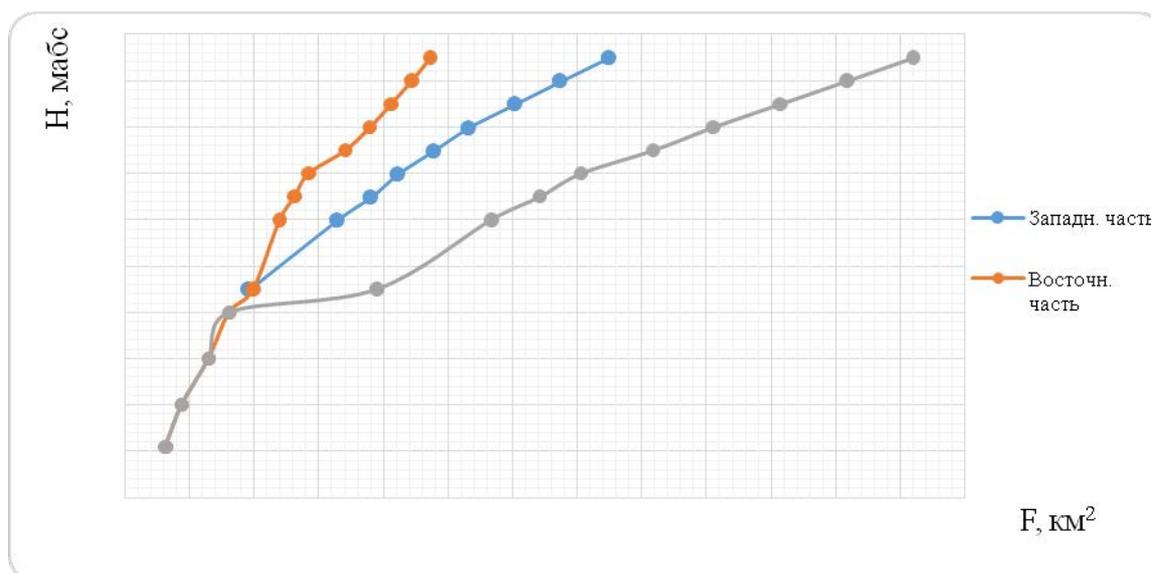


Рисунок 2 – Кривые зависимости объема озера Балхаш от уровня

Таблица 2 – Динамика площади оз. Балхаш в зависимости от положения уровня (вариант 1)

| Уровень оз.Балхаш м.абс | Площадь, км ² | | |
|----------------------------|--------------------------|----------------|-----------|
| | Западн. часть | Восточн. часть | Все озеро |
| 328,18 | - | 1253 | 1253 |
| 330 | - | 1760 | 1760 |
| 332 | - | 2590 | 2590 |
| 334 | 0 | 3225 | 3225 |
| 335 | 3830 | 3970 | 7800 |
| 338 | 6550 | 4790 | 11340 |
| 339 | 7600 | 5250 | 12850 |
| 340 | 8440 | 5680 | 14120 |
| 341 | 9540 | 6810 | 16350 |
| 342 | 10630 | 7580 | 18210 |
| 343 | 12050 | 8230 | 20280 |
| 344 | 13480 | 8870 | 22350 |
| 345 | 14950 | 9450 | 24400 |

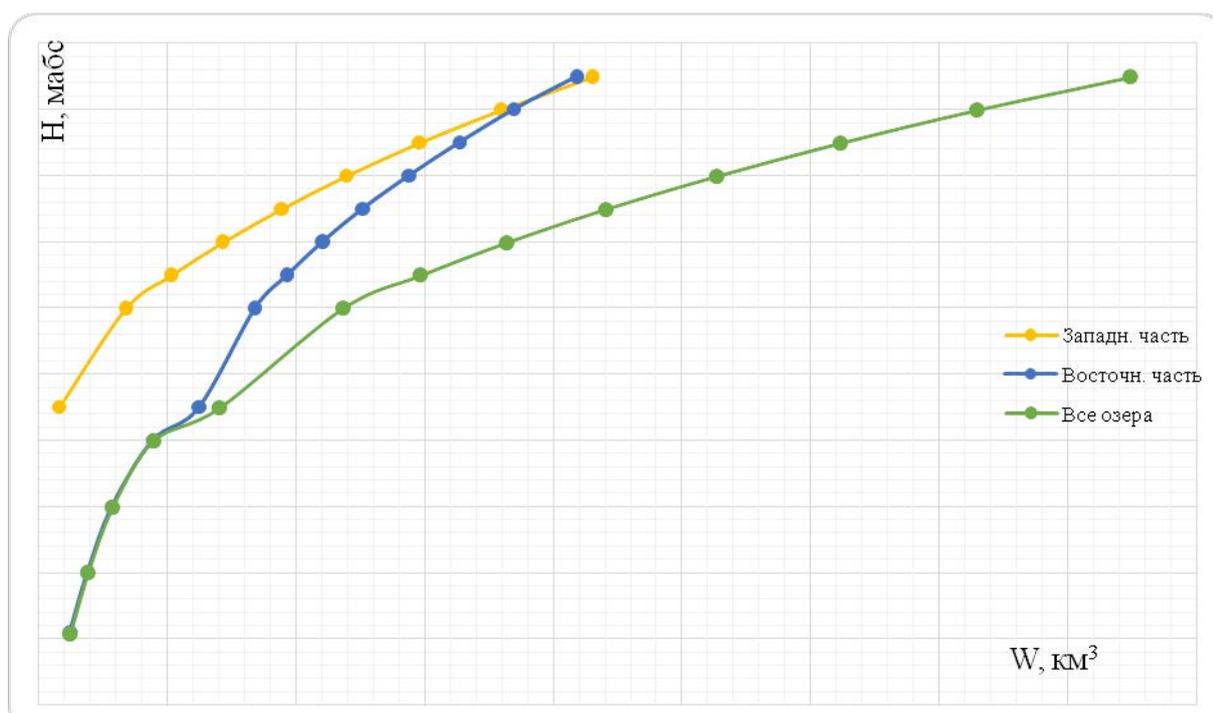


Рисунок 3 – Кривые зависимости площади зеркала озера Балхаш от уровня в нем

Таблица 3 – Динамика площади оз. Балхаш в зависимости от положения уровня (вариант 2)

| Уровень оз. Балхаш, м. абс | Площадь, км ² | | |
|----------------------------|--------------------------|-----------------|-----------|
| | Западная часть | Восточная часть | Все озеро |
| 328,18 | - | 4,8 | 4,8 |
| 330,0 | - | 7,53 | 7,53 |
| 332,0 | - | 11,37 | 11,37 |
| 334,0 | - | 17,7 | 17,7 |
| 335,0 | 3,1 | 24,9 | 28,0 |
| 338,0 | 13,51 | 33,64 | 47,15 |
| 339,0 | 20,59 | 38,65 | 59,24 |
| 340,0 | 28,61 | 44,11 | 72,72 |
| 341,0 | 37,65 | 50,35 | 88,0 |
| 342,0 | 47,77 | 57,55 | 105,32 |
| 343,0 | 59,1 | 65,4 | 124,5 |
| 344,0 | 71,9 | 73,9 | 145,8 |
| 345,0 | 86,1 | 83,7 | 169,8 |

Таким образом, уровень воды в оз. Балхаш, как и других бессточных озерах аридной зоны, испытывает многолетние и вековые циклические колебания, обусловленные колебаниями климата [4]. Внутригодовые колебания уровня определяются годовым климатическим циклом. Динамика колебаний требует дальнейших исследований.

Список использованных источников

1. Баймагамбетов Б.О., Попова В.П. Проблемы мониторинга водных ресурсов в Балхаш-Алакольском бассейне // Современные проблемы Балхаш-Алакольского бассейна. Алматы, ТОО Контур 2006.-С. 31-34.

2. Будникова Т. Ландшафтно-экологическая оценка Или-Балхашского региона // Проблемы освоения пустынь 2001. – С. 19-26.
3. Канаев Р. Или-Балхашский бассейн: проблемы и перспективы устойчивого развития. ЭКВАТЭК 2004. – С. 39-40.
4. Самакова А.Б. Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне озера Балхаш. — Алматы: Каганат, 2003.

УДК 551.482.211

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ НАВОДНЕНИЙ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬЯ

С.Р. Ибатуллин, Ж.С. Мустафаев, С.А. Абдикеримов

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан;
Международный учебный центр безопасности плотин, г. Тараз, Казахстан;
Южно-Казахстанский госуниверситет им. М. Ауезова, г. Шымкент, Казахстан

Проблемы попуска расходов воды реки Сырдарья во все времена связаны с наводнениями и сопровождающими их материальным ущербом и человеческими жертвами. Если раньше наводнения на реке имели естественную природу, то в настоящее время они связаны только с хозяйственной деятельностью человека, хотя это деятельность должна быть, в первую очередь, направлена на предотвращение наводнений. В связи с этим, попуск вод р. Сырдарья стал одной из актуальных проблем обеспечения безопасности населения Кызылординской области Республики Казахстан в нижнем течении р. Сырдарья.

Бассейн р. Сырдарья состоит из шести основных частей: бассейна р. Нарын - основного притока Сырдарьи, собирающего воды в Центральном Тянь-Шане; бассейна р. Карадарьи – второго по значимости притока Сырдарьи; Ферганской долины, к центру которой с окружающих гор стекает более 100 рек, большей частью не доходящих до Сырдарьи; Западного Тянь-Шаня, откуда стекают реки Ахангаран, Чирчик, Келес, Арысь, являющиеся правобережными притоками Сырдарьи после ее выхода из Ферганской долины; Юго-западных склонов хребта Каратау, с которого стекают многочисленные мелкие речки, не доходящие до Сырдарьи; равнинной части бассейна.

Бассейн Сырдарьи разграничивается на две, с точки зрения хозяйственного использования, части: первая - верхняя, горная зона формирования стока (весь Нарын и верховья Карадарьи), где практически нет забора на орошение, а вторая часть - долинная (русло Сырдарьи), где расположены основные орошаемые земли, и отбор воды превалирует над боковым притоком. Все энергетические ресурсы, которые оцениваются в 3460 мВт, расположены преимущественно в горной части, т.е. на притоке Нарын в пределах Кыргызстана. Орошаемые земли сосредоточены в долинных областях, прежде всего, в Узбекистане и Казахстане.

Река Сырдарья в своем нижнем течении полностью протекает в пределах Казахстана, и ее гидрологический режим обусловлен рядом факторов [1], в том числе, топографическим положением (река течет с юга на север); в низовьях русло большей частью проходит в пределах собственных отложений на отметках выше поверхности окружающей территории; река свободно меандрирующая; не устойчивые климатические условия способствуют образованию шуги, ледостава, ледохода, заторов и зажоров, которые в течение зимнего периода многократно повто-

ряются, главным образом, в связи с переходами зимней температуры через ноль; наступление ледостава начинается с низовой, а ледоход - с верховий реки.

По данным исследований Государственного гидрологического института (ГГИ) Российской Федерации (бывшего СССР) за 12 лет (1948-1960 гг.) по длине реки Сырдарья от Шардары до устья зафиксировано 211 опасных явлений, из которых 86 - наводнения, сопровождавшиеся ущербом хозяйственным объектам [2]. В связи с этим при научном обосновании необходимости строительства Шардаринского водохранилища объемом 5.2 км^3 , для регулирования зимних паводков было дополнительно обосновано создание еще одного водохранилища в нижнем течении реки объемом $6-7 \text{ км}^3$, что обеспечило бы безопасность населения Кызылординской области [3].

Однако, после строительства в 1970 году Токтогульского водохранилища многолетнего регулирования стока (объемом 19.5 км^3) на реке Нарын, являющейся основным притоком р. Сырдарья, необходимость в строительстве дополнительного водохранилища ниже Шардаринского водохранилища отпала, так как основное назначение Токтогульского водохранилища не только обеспечение водопотребности агропромышленного комплекса в бассейне р. Сырдарья, но также и безопасности населения Кызылординской области в случаях зимних и весенних наводнений. В настоящее время объем стока, поступающего в Шардаринское водохранилище и низовья р. Сырдарья, определяется режимом работы каскада вышестоящих водохранилищ и, прежде всего, наиболее крупных, предназначенных для многолетнего и сезонного регулирования.

Для смягчения ситуации, вызванной излишними зимними попусками в Сырдарью из гидротурбин Нарынского каскада с последующим дефицитом воды летом, Узбекистан уже построил два новых водохранилища - Кенкульсайское объемом $0,65 \text{ км}^3$ и Резаксайское - $0,69 \text{ км}^3$. Таким образом, за счет водохранилищ, расположенных в бассейне реки Сырдарья, сток при среднем многолетнем значении $37,5 \text{ км}^3$, полностью зарегулирован, что должно обеспечить безопасность населения за счет предотвращения зимних паводков.

Действительно, строительство Шардаринского и Токтогульского водохранилищ позволило в течение семидесятых и восьмидесятых годов прошлого века практически полностью избежать наводнений в низовьях реки Сырдарья. Изменения зимнего режима реки в этот период, в отличие от естественного режима, объясняются не климатическими условиями, а результатом хозяйственной деятельности, которая, по сути, нарушила сформировавшийся квазиустойчивый режим реки Сырдарья.

Однако, после получения суверенитета республиками Центральной Азии, Кыргызская Республика по экономическим причинам изменила назначение и режим работы водохранилищ, расположенных в бассейне р. Сырдарья. Ранее работавшее в ирригационном режиме Токтогульское водохранилище перешло в ирригационно-энергетический, что нарушило режим работы водохозяйственного комплекса региона в целом [4].

За последние 14 лет зимние попуски воды по сравнению с предшествующим периодом возросли более чем в два раза, а летние уменьшились с 76 до 49 %. Следовательно, зимние проблемы р. Сырдарья не являются проблемами природного характера, а целиком обусловлены конъюнктурой сложившихся в последние годы межгосударственных отношений. В естественных условиях для реки была характерна глубокая зимняя межень с расходом около $100 \text{ м}^3/\text{с}$, а теперь речь идет о пропуске

зимних расходов до 750 м³/с, при этом придется наблюдать такие явления как шуга и зажоры, ледоход и заторы, которые обычно сопровождают зимние наводнения.

Систематизация и анализ режима наполнения и сброски Токтогульского водохранилища за период 1993-2003 гг. показали, что в начале года отмечается падение объема, связанное с энергетическим режимом регулирования водохранилища, а к началу вегетации его объем имеет наименьшее значение по сравнению с наблюдениями в течение года, т. е. в период май-сентябрь происходит набор объема вплоть до максимального [5].

С момента перевода Токтогульского водохранилища на энергетический режим работы, то есть с 1993 г., для обеспечения безопасности населения Кызылординской области, поступившие в Шардаринское водохранилище воды из верховий были перераспределены в Арнасайскую впадину, Кызылкумский канал и русло р. Сырдарья (табл. 1).

Таблица 1 – Режим работы Шардаринского водохранилища с 1993 по 2004 гг.

| Годы | Приток, км ³ | Сброс в Арнасай, км ³ | Сброс в Сырдарью, км ³ | Сброс в Кызылкумский канал, км ³ |
|------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1993 | 24.0 | 2.41 | 20.51 | 1.11 |
| 1994 | 28.4 | 9.18 | 17.86 | 1.31 |
| 1995 | 16.2 | 3.93 | 11.30 | 0.34 |
| 1996 | 16.3 | 0.91 | 14.18 | 1.20 |
| 1997 | 14.7 | 1.14 | 12.47 | 1.04 |
| 1998 | 24.9 | 3.01 | 21.08 | 0.78 |
| 1999 | 21.2 | 3.13 | 17.29 | 0.70 |
| 2000 | 15.7 | 2.78 | 12.34 | 0.51 |
| 2001 | 14.5 | 0.38 | 13.21 | 0.83 |
| 2002 | 21.0 | 1.24 | 18.90 | 0.84 |
| 2003 | 26.7 | 4.81 | 21.00 | 0.87 |
| 2004 | 23.6 | 2.80 | 20.79 | 1.46 |

Как видно из таблицы 1, в рассматриваемый период из водохранилища в Арнасайскую впадину сброшено 35.72 км³ воды, то есть по 2.38 км³ ежегодно. При этом сбросы осуществлялись с января по март месяцы, когда в реках текла чистая вода, которая была безвозвратно потеряна для хозяйственно-экологических систем низовой реки Сырдарьи. В этот период в низовья сброшено было 207 км³ воды, что составило примерно 17 км³ в год. Внутригодовое распределение сбросов, по сравнению с периодом ирригационного режима Токтогульского водохранилища, особого изменения не претерпело. При этом стабильность зимнего расхода ниже Шардаринского водохранилища объясняется отмеченным сбросом его в Арнасайскую впадину.

В соответствии с проектом Шардаринского водохранилища Арнасайская впадина предназначалась для регулирования и сброса паводковых вод до строительства Токтогульского водохранилища многолетнего регулирования и контррегулирующего водохранилища в нижнем течение реки Сырдарьи [3]. Существующее Шардаринское водохранилище по своей емкости не обеспечивает регулирования паводка при объемах поступающего стока в течение пяти месяцев (октябрь-февраль) более 11 км³, причем без сброса воды в Арнасайское понижение [6]. Строительство Коксарайского контррегулятора емкостью 3 км³ позволяет обеспе-

чить безопасный пропуск зимних расходов при поступлении в Шардаринское водохранилище осеннее-зимнего стока в объеме не более 14 км^3 [5]. Особенностью этой схемы является то, что продолжительность опасного периода принята равной 4 месяцам, регулирующая емкость водохранилища на этот период составляет 2 км^3 , кроме этого $1,3 \text{ км}^3$ распределяется в озерные системы на участке Жанакорган-Кызылорда и 1 км^3 - в озерные системы на участке Кызылорда – Казалинск. Схема предполагает с декабря по февраль месяц устойчивое уменьшение расхода воды на $100 \text{ м}^3/\text{с}$, в марте - на $200 \text{ м}^3/\text{с}$ на участке Жанакорган-Кызылординской плотины за счет водозабора в озерные системы. Однако, в условиях, когда к Шардаринскому водохранилищу поступает более 15 км^3 , а в отдельные годы более 18 км^3 , как это было в 2005 году, создается угроза его разрушения со всеми вытекающими последствиями для населения и объектов экономики Кызылординской области.

Необходимость разработки правил регулирования стока реки Сырдарья обусловлена не только стремлением повысить эффективность управления, но также трудностями в самой системе климатических и гидрологических прогнозов, от достоверности которых зависят ожидаемые колебания стока рек, впадающих в водохранилища, а также выработкой определенных объемов электроэнергии на ГЭС, зависящих в свою очередь от требований энергосистемы в целом [6].

Сток реки Сырдарья и ее притоков за последние 17 лет в среднем за год составил $41,6 \text{ км}^3$, что выше среднемноголетнего годового объема за 1950-1990 гг. на $3,4 \text{ км}^3$ (или 8 %). По притоку к трем верхним водохранилищам (Токтогульскому, Андижанскому, Чарвакскому) - та же картина, то есть средний за последние 17 лет годовой приток составил 24 км^3 , что на $1,7 \text{ км}^3$ выше среднемноголетнего годового стока за 1950-1990 гг. Если сравнивать средние за 17 лет значения годового стока реки Сырдарья со среднемноголетним стоком за весь наблюдаемый период (1911 - 2007 гг.), то рост стока окажется еще выше (10 %). Частота появления маловодных лет по бассейну Сырдарья за этот период по сравнению с 1950-1990 гг. не увеличилась, однако возросла частота многоводных лет (обеспеченностью 25% и ниже) в 1,4 раза, а особо многоводных (обеспеченностью 10% и ниже) - почти в 2 раза [6].

Таким образом, в условиях короткого временного увеличения стока в связи со сработкой ледовых ресурсов в горной системе Кыргызской Республики и ожидаемого в дальнейшем сокращения объема стока с уменьшением объема возобновляемых запасов льда, для обеспечения безопасности населения и объектов экономики Кызылординской области от наводнений, требуется разработать единые системы регулирования режим работы водохранилища, расположенных в бассейне реки Сырдарья, с учетом энергетических интересов государств, расположенных в зоне формирования стока.

Согласно проектным проработкам добиться оптимального ирригационно-энергетического использования поверхностных вод в бассейне Сырдарья можно будет путем ввода новых ГЭС выше Токтогульского гидроузла, то есть каскада Камбаратинских ГЭС, свободных от ирригационных ограничений и работающих в режиме сезонных энергетических компенсаторов. При этом каскады Камбаратинских ГЭС совместно с Токтогульским гидроузлом должны работать не только в интересах энергетических потребителей, но и без ущерба для орошаемого земледелия в среднем и нижнем течении р. Сырдарья.

Для решения этих сложных проблем и обеспечения сбалансированного использования водных ресурсов трансграничных рек на основе положения Конвенции Организации Объединенных Наций о праве несудоходных видов использова-

ния международных водотоков возникает необходимость разработать единые системы управления режимами работы водохранилищ «Камбарата-Токтогул-Кайракум-Андижан-Чарвак-Шардара-Коксарай-Малый Арал» с учетом энергетических интересов Кыргызской Республики, что должно не только обеспечить безопасность населения Кызылординской области, но и экологическое, социальное и экономическое устойчивое развитие стран Центральной Азии.

Список использованных источников

1. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Балгерей М.А., Карлыханов О.К. Проблемы пропуска зимнего стока реки Сырдарья ниже Шардаринского водохранилища // Водное хозяйство Казахстана, 2006. - №1 (9). - С.2-8.
2. Машуков П.М. Гидрометеорологические условия зимних наводнений на реки Сырдарье. -Л.: Гидрометеоиздат, 1969. - 139 с.
3. Алтунин С.Т. Регулирование русел рек. -М.: Сельхозгиз, 1962. - 350 с.
4. Мустафаев Ж.С., Балгерей М.А., Карлыханов О.К. Кто развяжет узел проблем //Современные проблемы Арало-Сырдарьинского бассейна // Информационный бюллетень. – Кызылорда. - № 5.- С. 130-135.
5. Ибатуллин С.Р., Кеншимов А.К., Вагапов Р.И., Карлыханов О.К. Коксарайский контррегулятор на реке Сырдарья //Водное хозяйство Казахстана, 2008. - №3 (19).- С.14-18.
6. Водно-энергетические ресурсы Центральной Азии: проблемы использования и освоения. Отраслевой обзор. - Алматы, 2008. - 44 с.

УДК 628.1(575.3)

ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ОРОШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ ВАХШСКОЙ ДОЛИНЫ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

И.И. Икромов, М.М. Мирзоев

Таджикский аграрный университет им. Ш. Шотемура, г. Душанбе, Таджикистан

Для условий Республики Таджикистан на фоне естественного увлажнения почвы атмосферными осадками, орошение является основным способом влагообеспечения растений. Более 90 % продукции сельскохозяйственного производства здесь производится в условиях орошаемого земледелия. Для орошения используются в основном поверхностные воды, а возможность их использования зависит от водности рек. Очень часто режим водопотребления сельскохозяйственных культур существенно отличается от режима осадков и речного стока, что характерно в первую очередь для засушливых территорий [1].

Вахшская долина, являющаяся основным земледельческим регионом Республики, занимает всего 8 % территории. Однако, здесь производится около 90 % тонковолокнистых сортов хлопчатника и 40 % валовой сельскохозяйственной продукции, а доля производства субтропических и цитрусовых продуктов составляет 98 %. По территории долины, протекают три из пяти крупнейших рек Таджикистана – Пяндж, Вахш и Кафирниган, которые являются основными притоками трансграничной реки Амударья.

Для изучения водообеспеченности долины исследовано внутригодовое распределение среднемесячного расхода воды (гидрограф) перечисленных рек за многолетний период (рис. 1), и выполнено сравнение стока с потребностью в водных ресурсах в долине, например, за 2014 г. (табл. 1). Изучено также внутригодовое

распределение среднемесячной температуры воздуха (рис. 2) и характер выпадения осадков. В качестве исходных материалов использовались архивные материалы ГУ по гидрометеорологии Государственного Комитета по охране окружающей среды Республики Таджикистан и отчёты Управления по мелиорации и ирригации Хатлонской области Государственного Агентства по мелиорации и ирригации РТ за 2014 г., являющегося поставщиком воды.

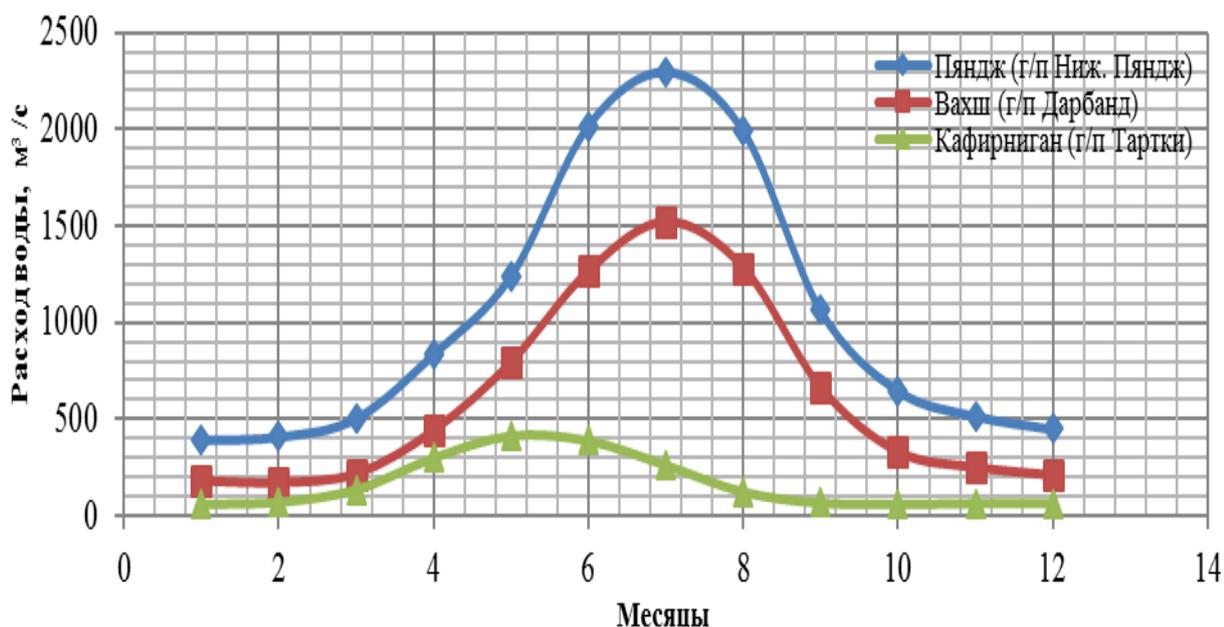


Рисунок 1 – Внутригодовое распределение расходов воды рек Вахшской долины по месяцам в течение года (средний многолетний).
По данным ГУ по Гидрометеорологии РТ

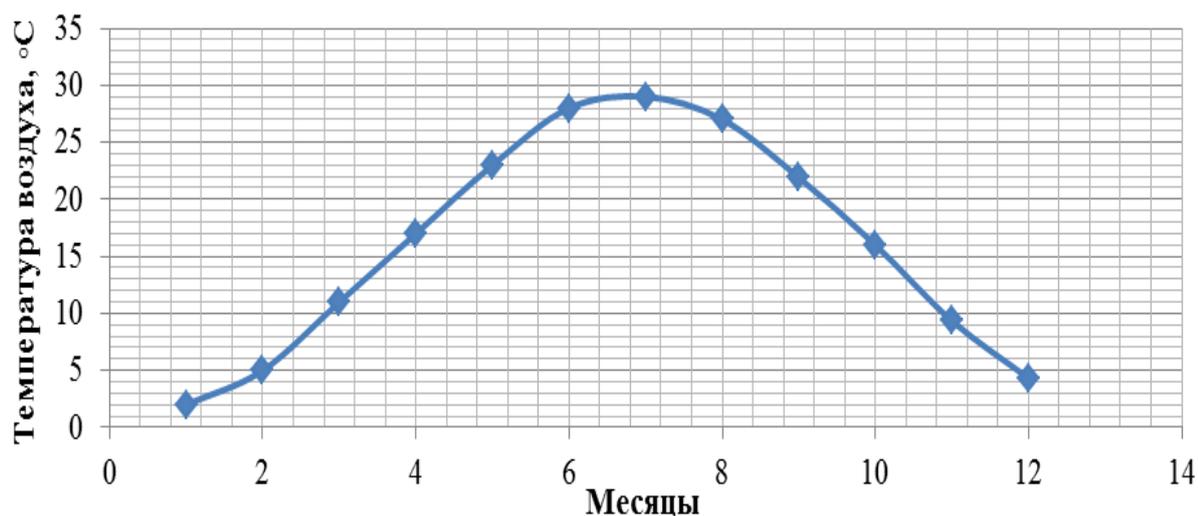


Рисунок 2 – Распределение среднемесячной температуры воздуха по данным метеостанции Пяндж (средняя многолетняя).
По данным ГУ по Гидрометеорологии РТ

Анализ гидрографов показывает, что внутригодовое распределение расхода воды зависит от типа водного питания рек. Для рек Пяндж и Вахш, соответственно с ледниково-снеговым и снегово-ледниковым типами водного питания, пики графиков соответствуют периоду максимальной температуры воздуха (июль месяц).

Среднегодовое расхождение воды р. Пяндж на рассматриваемом гидропосту равняется 1031,2 м³/с, а в период вегетации сельскохозяйственных культур – 1886,3 м³/с. Те же показатели для р. Вахш соответственно составляют: 608,2 м³/с и 1214,1 м³/с.

Таблица 1 - График фактической подачи воды потребителям Вахшской долины, тыс. м³

| Месяцы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Общее потребление воды, тыс.м ³ . | 220850 | 281245 | 362052 | 551351 | 813250 | 972213 |
| Водопотребление с/х культур, тыс.м ³ | 0 | 0 | 0 | 132013 | 313108 | 430815 |
| Интегральное водопотребление, тыс.м ³ . | 220050 | 502095 | 864147 | 1415498 | 2228748 | 3200061 |
| Общее потребление воды, тыс.м ³ . | 105061 | 956604 | 603445 | 416301 | 300400 | 228602 |
| Водопотребление с/х культур, тыс.м ³ | 520959 | 416769 | 192283 | 52696 | 0 | 0 |
| Интегральное водопотребление, тыс.м ³ . | 4306022 | 5262626 | 5866071 | 6282372 | 6502772 | 6811374 |

Река Кафирниган, в основном (88 % от среднегодового стока), питается снеговыми (58 %) и подземными водами (30 %), поэтому пик гидрографа смещается влево (май месяц). Среднегодовое ее расхождение на гидропосту «Гартки», равняется 167,6 м³/с, а в период вегетации – 297,4 м³/с.

Таким образом, годовое расхождение воды рек Пяндж, Вахш и Кафирниган, вычисленные по данным среднемесячного их расхода за многолетний период, составляет около 57 млрд. куб. м, в частности:

- для р. Пяндж: $1031,2 \cdot 365 \cdot 86400 = 32,52$ млрд. куб. м;
- для р. Вахш: $608,2 \cdot 365 \cdot 86400 = 19,18$ млрд. куб. м;
- для р. Кафирниган: $167,6 \cdot 365 \cdot 86400 = 5,266$ млрд. куб. м.

Доля атмосферных осадков в водообеспеченности долины незначительная. Сумма годовых осадков здесь колеблется от 152,4 до 243,0 мм, из которых всего 28,6-49,0 мм соответствуют вегетационному периоду. Осадки выпадают в основном в осенне-зимне-весенний периоды, летом практически отсутствуют.

Сравнение внутригодового распределения расходов воды рек, протекающих по долине, с фактическим водопотреблением, включая воды, забираемые для орошения и на другие нужды, на водоснабжение, для промышленности и т.д. на примере 2014 г. (табл. 1), показывает, что во-первых, максимальный объем водопотребления соответствует периоду вегетации сельскохозяйственных культур, а во-вторых – потребители за календарный 2014 г. израсходовали 6811374 тыс. м³ воды, или всего около 12 % от объема стока рек долины.

Резюмируя вышеизложенное можно прийти к выводу, что на данный момент и в ближайшей перспективе потребление водных ресурсов в долине составляет в среднем 12 % от величины речного стока. Это означает, что водообеспеченность Вахшской долины Республики Таджикистан достаточно высокая. Естественно, при расширении производства как сельскохозяйственного, так и промышленного и др. отраслей экономики будет увеличиваться и потребность в водных ресурсах.

Однако, следует отметить [2, 3, 4, 5, 6, 7], что в результате глобального потепления климата по прогнозу до 2030-ых гг. происходит интенсивное таяние снегов. При этом увеличивается сток рек со всеми неблагоприятными последствиями, а затем вероятно исчезновение незначительных по площади ледников, как уже исчезли тысячи ледников за последние годы, что приведет к резкому снижению водности рек. Последнее в свою очередь будет способствовать снижению объемов водообеспечения и, как следствие, возможному снижению объемов производства как в сельскохозяйственном, так и в других секторах экономики Республики. Поэтому, для предупреждения неблагоприятных последствий ожидаемого глобального потепления климата, требуется разработка соответствующих мероприятий по адаптации к прогнозируемым климатическим изменениям.

Список использованных источников

1. Белолюбцев А.И., Ильинич В.В. и Джандаги Н. Использование вероятностных моделей осадков и речного стока в условиях интенсивного орошения // Гидротехника и мелиорация. -2015.- №1.-С.11-13.
2. Аламанов С.К., Лелевкин В.М., Подрезов О.А. и др. Изменение климата и водные проблемы Центральной Азии: учебное пособие -2006.
3. Изменение климата и проблемы глобального потепления. Режим доступа http://enrin.grida.no/htmls/tadjik/vitalgraphics/rus/html/text_u6.htm.
4. Икромов И.И., Мирзоев М.М. Влияние изменения климата на почвенные условия сельскохозяйственных угодий // Вестник Таджикского Аграрного университета, -2015, № 2.
5. [Каюмов А.К., Салимов Т.О. Изменение климата и водные ресурсы Таджикистана. Душанбе, «Ирфон», -2013, -80с.](#)
6. Сорокин, А.Г. Управление водными ресурсами бассейнов рек Амударья и Сырдарья по вариантам развития с учетом изменений климата. 2002.
7. Национальный план действий Республики Таджикистан по смягчению последствий изменения климата /Под ред. Махмадалиева Б.У., Новикова В.В., Каюмова А.К., Пердомо. - Душанбе: Таджикглавгидромет, 2003. -264с.

УДК 631.4:574

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОНИТОРИНГА МЕЛИОРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТА «ТИНКИ-2» РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Ильинский, Г.В. Побединская, В.А. Игнатенко

Мещерский филиал ФБГНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия

Организация мониторинга природной среды крайне важна, она включает в себя оценку антропогенных изменений, разработку и реализацию комплекса технологических процессов по регулированию качества природной среды. Такой подход является основой для экологического мониторинга мелиоративных систем, функционирование которых в агроландшафтах требует установления и изучения всех действующих факторов [1, 2, 3]. Почва выполняет ряд экологических функций как биоценологических, так и глобальных, обеспечивающих стабильность отдельных биогеоценозов и биосферы в целом. Кроме того, почва является важнейшим и незаменимым природным ресурсом - главным средством сельскохозяйственного производства. Деградирующая почва не способна выполнять свои экологические и сельскохозяйственные функции полноценно, что может создавать угрозу экологической и продовольственной безопасности человечества [4, 5, 17]. Одной из глав-

ных задач мелиоративного земледелия является сохранение и развитие процессов саморегулирования, воспроизводство почвенного плодородия и сохранение почв от деградиционных процессов [6, 7, 18], а также управление режимами агроландшафта с целью рационального использования природных и антропогенных ресурсов [8, 9].

Мелиоративная система «Тинки-2» (площадь осушения 380 га), расположена на землях бывшего ОПХ «Полково» Рязанского района Рязанской области. Мониторинг эколого-мелиоративного состояния проводится сотрудниками Мещерского филиала ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» с 2001 года [3, 10, 11]. Водное питание объекта атмосферно-грунтовое. Осушается территория «Тинки-2» закрытым дренажем в сочетании с открытым магистральным и открытыми нагорно-ловчими каналами. Почвы мелиоративной системы подзолистые, по механическому составу – супесчаные, отдельные карты торфяные, встречаются выработанные торфяники. Мощность торфяного слоя достигает 0,2-0,4 м, степень разложения 40-45 %. Основная цель мониторинга почвенного покрова при проведении стационарных эколого-мелиоративных наблюдений на мелиоративной системе «Тинки-2» заключалась в контроле за состоянием почв для своевременного выявления изменений и оценки антропогенного воздействия. Для оценки агрохимических свойств длительно используемых почв в 2013 году был проведен отбор проб почвы в контрольных точках.

Мониторинговые исследования состояния почвенного покрова выполнены в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03, ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.1.02-83, ГОСТ 17.4.3.03-85, ГОСТ 17.4.4.02-84, МУ 2.1.7.730-99, ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.7.2042-06 и Методическими указаниями по агрохимическому обследованию почв (1982). Отбор смешанных образцов выполнен методом маршрутных ходов. С каждого элементарного участка (100×100 м) методом конверта отбирался смешанный образец почвы на глубину 5-20 см, всего отобрано 9 проб почвы. В отобранных пробах по стандартным методикам были определены следующие показатели: $pH_{\text{сол}}$, гидролитическая кислотность (Нг), подвижный фосфор, обменный калий, сумма обменных оснований (S), органическое вещество, подвижные формы тяжелых металлов (медь, цинк, свинец и кадмий). Результаты химико-аналитических исследований отобранных проб почвы приведены в таблицах 1 и 2.

Натурное обследование земель показало, что в пределах мелиоративной системы «Тинки-П» распространены в основном выработанные торфяные (посторфяные) и дерново-подзолистые почвы. Анализ данных, представленных в таблице 1, указывает, что $pH_{\text{сол}}$ посторфяной почвы варьирует от 4,8 до 5,5 (от среднекислых до слабокислых), предел колебаний гидролитической кислотности составил от 5,25 до 17,3 мг-экв на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями варьирует от 7,5 до 32,9 мг-экв на 100 г почвы (от низкой до очень высокой), массовая доля органического вещества - от 3,4 до 27,3 % (от низкого до очень высокого), содержание обменного калия - от 9,3 до 20,4 мг/100 г (от среднего до высокого), содержание подвижного фосфора колеблется от 5,4 до 28,8 мг/100 г (от среднего до очень высокого).

В дерново-подзолистой почве $pH_{\text{сол}}$ изменяется от 4,7 до 6,8 (от среднекислой до нейтральной), диапазон колебаний гидролитической кислотности дерново-подзолистой почвы составил от 1,63 до 7,41 мг-экв на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями варьирует от 0,6 до 10,5 мг-экв на 100 г почвы (от очень низкой до средней), массовая доля органического вещества - от 1,8 до 28,0 %, содержание обменного изменяется от 6,0 до 31,3 мг/100 г (от низкого до очень высо-

кого), содержание подвижного фосфора колеблется от 25,8 до 44,7 мг/100 г (очень высокое).

Таблица 1 - Агрохимические свойства почвы объекта «Тинки-II»

| № пробы | Характеристика почвы* | pH _{сол.} | Органическое в-во, % | P ₂ O ₅ , мг/100г | K ₂ O, мг/100г | Hг, мг-экв/100г | Сумма обменных оснований мг-экв/100г |
|---------|-----------------------|--------------------|----------------------|---|---------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| 1. | п.т. | 5,3 | 18,8 | 12,8 | 13,6 | 15,5 | 30,8 |
| 2. | п.т. | 5,5 | 15,6 | 5,4 | 11,2 | 11,5 | 32,9 |
| 3. | п.т. | 5,1 | 27,3 | 9,5 | 9,3 | 17,3 | 29,5 |
| 4. | д.п. | 6,8 | 28,0 | 28,0 | 8,9 | 1,63 | 6,0 |
| 5. | д.п. | 6,1 | 2,5 | 25,8 | 6,0 | 1,56 | 6,4 |
| 6. | д.п. | 5,1 | 3,8 | 44,7 | 13,6 | 4,42 | 10 |
| 7. | д.п. | 5,2 | 1,8 | 24,4 | 3,6 | 1,9 | 0,6 |
| 8. | п.т. | 4,8 | 3,4 | 28,8 | 20,4 | 5,25 | 7,5 |
| 9. | д.п. | 4,7 | 5,9 | 28,8 | 31,3 | 7,41 | 10,5 |

Примечание: * д.п. - дерново-подзолистая почва, п.т. - посторфяная почва

Таблица 2 - Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве объекта «Тинки-II»

| № пробы | Цинк*, мг/кг | Кадмий*, мг/кг | Свинец*, мг/кг | Медь*, мг/кг |
|-----------------------|--------------|----------------|----------------|--------------|
| 1 | 4,95 | 0,0 | 0,1 | 1,11 |
| 2 | 3,44 | 0,004 | 0,06 | 0,65 |
| 3 | 3,15 | 0,006 | 0,09 | 1,04 |
| 4 | 3,4 | 0,008 | 0,08 | 0,85 |
| 5 | 7,9 | 0,006 | 0,07 | 3,65 |
| 6 | 4,32 | 0,006 | 0,07 | 1,8 |
| 7 | 4,7 | 0,001 | 0,06 | 1,6 |
| 8 | 3,3 | 0,001 | 0,05 | 0,68 |
| 9 | 4,35 | 0,002 | 0,08 | 5,53 |
| ПДК, ГН 2.1.7.2041-06 | 23,0 | - | 6,0 | 3,0 |

Примечание: * подвижная форма элемента, извлекаемая из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8

Анализ данных, представленных в таблице 2, показал, что, согласно ГН 2.1.7.2041-06, содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве мелиоративной системы «Тинки-II» по цинку и свинцу не превышает ПДК. По меди зафиксированы превышения: в точке № 5 в 1,2 раза (участок поля в районе недействующей системы «Фрегат») и в точке № 9 в 1,8 раза (поле в районе расположения дей-

ствующей пилорамы), что говорит о техногенном воздействии на мелиоративную систему «Тинки-2».

Почвенные микроорганизмы, как обязательный компонент любой агроэкосистемы, обладают мощным ферментативным аппаратом. Комплексы почвенных микроорганизмов, участвуя в круговороте различных веществ, обеспечивают устойчивое функционирование экосистемы в целом, с другой стороны - являются чувствительными индикаторами, реагирующими на изменение условий среды обитания. В этой связи биологическая активность почвы может служить одним из важнейших и наиболее показательных критериев функционирования мелиорированных земель [12, 13]. Одним из методов определения биологической активности почвы является определение интенсивности разрушения клетчатки за вегетационный период [14, 15]. Данный метод позволяет оценить биологическую активность почвы в условиях техногенеза, что особенно важно при решении вопросов санации и повышения плодородия деградированных земель сельскохозяйственного назначения [16]. Метод определения биологической активности почв основан на оценке интенсивности разложения целлюлозы. Известно, что в почву с растительными остатками поступает значительно количество целлюлозы, и почвенные микроорганизмы расщепляют ее. Для исследований использовалась неотбеленная стерильная льняная ткань, которой было обшито стекло размером 10 на 25 см [15]. Подготовленные аппликации закапывались на глубину 5 см от поверхности почвы на разных участках мелиоративной системы «Тинки-2». Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что микробиологическая активность почв мелиоративной системы «Тинки-2» варьирует для посторфяных почв от 26,7 % до 46,9 %, для дерново-подзолистой супесчаной почвы - от 23,4 % до средней 38,9 % (от слабой до средней). Полученные показатели говорят об относительно невысоком плодородном потенциале данных почв и необходимости проведения на данном объекте агро-мелиоративных мероприятий по повышению плодородия почв и предотвращению их деградации.

Таким образом, полученные в ходе экспериментальных исследований результаты оценки эколого-мелиоративного состояния длительно используемых осушенных земель свидетельствуют о значительной антропогенной нагрузке, приводящей к изменению химического состава почв и, как следствие, к деградации почвенного покрова. Решением данной проблемы может служить разработка и проведение агро-мелиоративных мероприятий в целях восстановления природно-ресурсного потенциала мелиорированных земель.

Список использованных источников

1. Ольгаренко, И.В. Экологический мониторинг мелиоративных систем [Текст] / И.В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – №4. – С.45–47.
2. Методические рекомендации по системе контроля оценки эколого-мелиоративного состояния агроландшафтов [Текст]. – М., ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии 1999. – 57 с.
3. Мажайский, Ю.А. Мониторинг тяжелых металлов в поверхностных и грунтовых водах ландшафта Окского бассейна [Текст] / Ю.А. Мажайский, В.Ф. Евтюхин, А.В. Ильинский, Т.М. Гусева // Интеграл. – 2008. – № 6(44) . – С. 19.
4. Колесников, С.И. Биозоологические принципы мониторинга и нормирования загрязнения почв [Текст] / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков. –Ростов-на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2001. – 64 с.

5. Кирейчева, Л.В. Санация загрязнённых мышьяком почв с использованием комбинированного мелиоранта [Текст] / Л.В. Кирейчева, А.В. Ильинский // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2015. – № 4. – С. 37–39.
6. Мотузова, Г.В. Экологический мониторинг почв: учебник [Текст] / Г.В. Мотузова, О.С. Безуглова. – М.: Академический проект; Гаудеамус, 2007. – 237 с.
7. Кирейчева, Л.В. Изучение последствий нового способа применения комбинированных мелиорантов на основе природных сорбентов для детоксикации загрязненной мышьяком аллювиальной почвы [Текст] / Л.В. Кирейчева, А.В. Ильинский, Л.И. Москвичкина // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Материалы юбилейной международной научной конференции. М.: Изд. ВНИИА, 2014. С. 74–79.
8. Котлярова, О.Г. Ландшафтная система земледелия Центрально-Черноземной зоны [Текст] / О.Г. Котлярова. – Белгород. : БГСХА, 1995. – 294 с.
9. Кирейчева, Л.В. Компьютерная модель оценки эффективности инвестиций в реализацию мероприятий Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на период 2014-2020 г.г.» [Текст] / Л.В. Кирейчева, И.Ф. Юрченко, Е. А. Лентяева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 4. – С. 16–23.
10. Евтюхин, В.Ф. Гидрохимические особенности экологического состояния агроландшафтов окского бассейна, находящихся под влиянием атмосферных нагрузок [Текст] / В.Ф. Евтюхин, Ю.А. Мажайский, А.В. Ильинский // Плодородие. – 2010. – № 5 (56). – С. 43–46.
11. Мажайский, Ю.А. Экологическая оценка содержания поллютантов в поверхностных и грунтовых водах мелиорированного ландшафта малой реки Окского бассейна [Текст] / Ю.А. Мажайский, А.В. Ильинский, В.Ф. Евтюхин, Т.М. Гусева // Водоочистка. – 2010. – № 12. – С. 43–46.
12. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы [Текст] / Д.Г. Звягинцев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – С. 45 – 162.
13. Черников, В.А. Агроэкология [Текст] / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
14. Дабахов, М.В. Тяжелые металлы: экотоксикология и проблемы нормирования [Текст] / М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова, В.И. Титова. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. – 165 с.
15. Звягинцев, Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии [Текст] / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк. – М.: Из-во Моск. Ун-та, 1980. – 224 с.
16. Колесников, С.И. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами [Текст] / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков. – Ростов н/Дону: Издательство СКНЦ ВШ, 2000. – 232с.
17. Ильинский, А.В. Выращивание экологически безопасной продукции на техногенно-загрязнённых землях [Текст] / А.В. Ильинский, Л.В. Кирейчева, В.М. Яшин // Экологический вестник России. – 2006. – № 2. – С. 3.
18. Иванникова, Н.А. Удобрительный мелиорант и подпочвенное увлажнение как факторы повышения урожайности однолетних трав [Текст] / Н.А. Иванникова, К.Н. Евсеев, С.В. Перегудов, А.В. Нефёдов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 4. – С. 2–5.

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ СТАЦИОНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕЖИМОВ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ

Л.И. Инишева¹, Е.В. Порохина¹, Т.Г. Добровольская², А.В. Головченко², М.А. Сергеева¹, К.И. Кобак³

¹Томский государственный педагогический университет, г. Томск, Россия;

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия;

³Государственный гидрологический институт Санкт-Петербурга

Велика историческая роль гидроземных почв в становлении современной биосферы. Утилизация органического вещества после гидроземного периода проявилась в последующий период развития биосферы – атмосферный, о чем свидетельствуют залежи каменного угля, исходным материалом образования которых служили древние болота. Болотное почвообразование, кроме утилизации органических остатков, выполнило еще одну важную функцию в истории биосферы. Благодаря болотному почвообразованию растения эволюционно были подготовлены к переселению на литосферную оболочку суши. Образно говоря, современный мир вышел из болот.

Современные болота и торфяные залежи – молодые образования, возникшие уже после ледниковой эпохи, в голоцене. В настоящее время отмечается уменьшение заболачиваемой площади за последние 2000 лет. На самом же деле процесс заболачивания ни в коей мере не затухает. С целью получения ответа на этот вопрос в 1994 г. на отрогах Васюганского болота на территории Бакчарского района был организован болотный стационар «Васюганье», на котором с 1995 г. на 7 опорных пунктах, продолжающиеся до настоящего времени. В дальнейшем были обустроены опорные пункты наблюдений за режимами болот в Томском районе (болота Таган, Газопроводное и Карбышевское), а также в Горном Алтае (болота Турочакское и Кутюшское, рис. 1). Исследования велись на естественных и мелиорируемых болотах. На болотных стационарах проводится комплекс исследований: изучение водного и геохимического стока с болот и заболоченных бассейнов; изучение гидротермического, окислительно-восстановительного и биохимического режимов торфяных болот; оценка роли болотных экосистем в биогеохимических циклах элементов; исследование процессов превращения органического вещества в торфах и торфяных залежах и эмиссии парниковых газов.

Остановимся на некоторых полученных результатах. Так, изучение в течение ряда лет первичной продуктивности (NPP), эмиссии газов с поверхности почв – CO₂ и CH₄ и выноса углерода болотными водами показало, что общий расход углерода в изученных болотных экосистемах значительно уступает уровню фотосинтетической нетто-аккумуляции – 77,4 гС/м²год и 125 гС/м²год соответственно (средние значения за весь период наблюдений). Большая часть потерь углерода обусловлена эмиссией диоксида углерода (в среднем 69 гС/м²год, или 55,2 % от NPP) и метана, доля которого значительно меньше (0,3–6,5 гС/м²год, или 2,7 % NPP). Определенный экспериментально вынос углерода болотными водами, содержащими растворенные органические вещества, составляет 5,5 % NPP (6,9 гС/м²год). В результате был получен вывод о преобладании процесса аккумуляции углерода в торфяной залежи и прогрессирующем торфообразовательном процессе в настоящее время [1].



Рисунок 1 - Схема расположения болотных стационаров и опорных пунктов

По нашим оценкам, сделанным на основании результатов проведенных полевых исследований, средняя аккумуляция составляет $48 \text{ гС/м}^2\text{год}$. Подобные исследования, проведенные в Ленинградской области на верховом болоте Ламмин-Суо (без учета эмиссии метана), показали, что современная нетто-аккумуляция углерода составляет $12\% \text{ NPP}$ ($31,4 \text{ гС/м}^2\text{год}$), вынос углерода болотными водами $-5\% \text{ NPP}$, а следствием минерализации органического вещества на поверхности почв и в акротелме является эмиссия газов, равная $83\% \text{ NPP}$ [2].

Эти исследования продолжаются в настоящее время с учетом интенсивности выделения метана с поверхности почв. Полученные результаты свидетельствуют о положительном балансе (нетто-накоплении углерода) в разные по погодным условиям годы.

Прогнозируемое увеличение площадей болот, возможно, увеличит нетто-аккумуляцию диоксида углерода из атмосферы, и углерод и в дальнейшем будет депонироваться в торфах на многие годы [3-7]. Из подчиненного болото постепенно превращается в автономный ландшафт. Как пример можно привести такие крупные болотные системы как Васюганская, Салымо-Юганская, которые захватывают более дренируемые речные террасы. Процесс болотообразования, явно прогрессирующий на этой территории, захватывает даже уголья проживающего здесь местного населения – хантов. Возможно поэтому многие ученые [8-12] считают, что при неизменных климатических условиях прогрессирующий процесс заболачивания можно остановить только с помощью искусственного осушения.

Другой значимый результат, полученный в процессе исследований на торфяных болотах разного генезиса, формулируется следующим образом. Биохимические процессы разной направленности активны в торфяном профиле до подстилающих пород. Но их состав и степень проявления активности в разных по генезису торфяных болотах и частях торфяного профиля различны. В нижнем слое, прошедшем стадию болотообразования, происходит замедление и качественное изме-

нение биохимических процессов. Поэтому разделение торфяной залежи на торфяную почву и торфогенную породу, которое было предложено И.Н. Скрынниковой [13], неприемлемо. Рассмотрим это положение на примере динамики протекания биохимических процессов в болотах разного генезиса и использования.

Так, изучение показателей обилия микроорганизмов в торфяниках с учётом пространственного фактора, показало, что вертикальная вариабельность значительно превышает горизонтальную, т.е. численность микроорганизмов в большей степени варьирует по профилю, чем изменяется по горизонтальной структуре болотного БГЦ (табл. 1).

Таблица 1 - Оценка силы влияния факторов на численность различных групп микроорганизмов в исследуемых торфяных залежах (по результатам трёхфакторного дисперсионного анализа)

| Группы микроорганизмов | Торфяники | | | | | |
|------------------------|-----------|-------|--------|----------|------|--------|
| | низинные | | | верховые | | |
| | фактор* | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Грибной мицелий | 11,03 | –** | 32,10 | 29,76 | 6,84 | 410,71 |
| Споры грибов | 7,96 | 6,91 | 28,63 | 13,67 | – | 85,54 |
| Бактерии | 37,82 | 88,79 | 616,52 | 28,74 | 3,11 | 95,29 |
| Актиномицетный мицелий | 6,34 | – | 14,83 | 13,45 | – | 17,69 |

Примечание: *Рассматриваемые факторы и их градации: 1 – режим эксплуатации (неосушенные и осушенные торфяники); 2 – пространственный фактор (горизонтальная вариабельность); 3 – глубина залегания торфа (вертикальная вариабельность). Численное значение – критерий Фишера при уровне значимости <0,001; ** – влияние фактора не достоверно

Динамика показателей обилия микроорганизмов была выявлена по всему профилю болот вплоть до подстилающей породы, грибной и актиномицетный мицелий на выборочных глубинах торфяной залежи болот обоих типов. Для бактерий была выявлена тенденция равномерного распределения или плавного уменьшения численности вниз по профилю торфяной залежи. Плотность грибных спор и дрожжеподобных клеток мало менялась по профилю, но иногда была выше в более глубоких слоях торфяной залежи, чем в активном слое. Грибной мицелий выявляли преимущественно в активном слое залежи. Дальнейшие исследования показали, что в результате биохимических процессов в торфяных залежах болот формируются локальные условия, свидетельствующие о наличии в затопленном торфяном профиле окислительных условий. Об этом же свидетельствует динамика в торфяной залежи оксидаз, активность которых можно охарактеризовать как достаточно высокую по всему торфяному профилю.

Выше высказанное положение было подтверждено исследованиями газового режима болот и эмиссией парниковых газов. Например, в олиготрофном болоте пределы изменения диоксида изменяются от 0,05 до 0,6 ммол/л (рис. 2). За вегетационный период можно также констатировать увеличение концентрации CO₂ в нижней части торфяной залежи. Аналогичные рассуждения правомочны и для динамики в торфяных залежах CH₄.

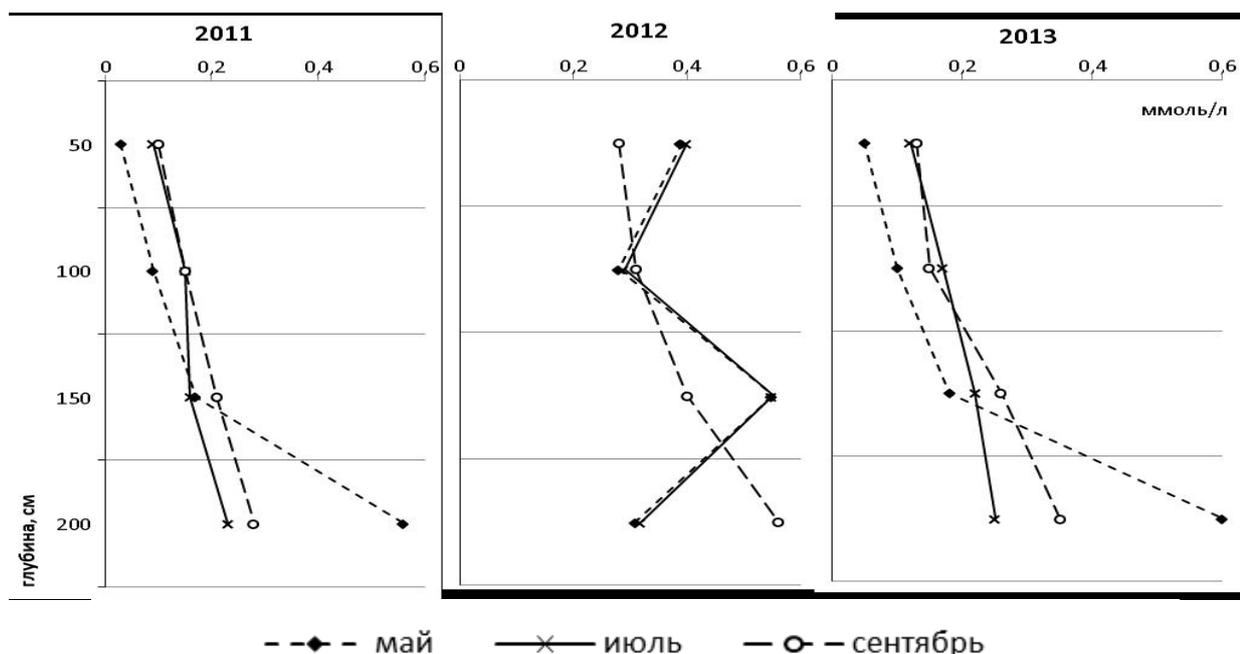


Рисунок 2 - Распределение CO₂ по профилю олиготрофной торфяной залежи, ммоль/л

Таким образом, равномерно протекающие по всей торфяной залежи биохимические процессы обеспечивают образование аэробных зон, которые в свою очередь стимулируют их активность и определяют общую эмиссию парниковых газов из болот (табл. 2).

Таблица 2 - Эмиссия диоксида углерода и метана в болотах разного генезиса, мг С/м²/ч

| Год | Месяцы | | |
|--|--------------|---------------|----------------|
| | май | июль | сентябрь |
| Васюган, естественное, CO ₂ | | | |
| 2011* | -22,16 | 31,16 | 16,25 |
| 2012 | 47,41 ± 5,2 | 14,58 ± 1,9 | 10,06 ± 3,8 |
| 2013 | 3,9 ± 0,6 | 29,3 ± 1,4 | 31,7 ± 2,3 |
| Таган, естественное, CO ₂ | | | |
| 2011 | 73,76 ± 0,12 | 102,02 ± 1,09 | 89,13 ± 1,10 |
| 2012 | 72,25 ± 7,30 | 14,46 ± 0,60 | 129,20 ± 17,60 |
| 2013 | 16,50 ± 1,50 | 11,50 ± 1,50 | 87,90 ± 17,60 |
| Таган, мелиорируемое, CO ₂ | | | |
| 2011* | 12,66 | 98,17 | 104,07 |
| 2012* | 79,17 | 31,14 | 83,97 |
| 2013 | 154,30 ± 2,9 | 52,50 ± 6,9 | 39,6 ± 9,1 |
| Турочакское, CO ₂ | | | |
| 2011* | -42,66 | 26,14 | 56,07 |
| 2012* | 17,18 | 49,72 | 27,04 |
| 2013 | 3,07 ± 0,3 | 27,22 ± 9,5 | 27,04 ± 6,9 |
| Кутюшское, CO ₂ | | | |
| 2011* | 89,60 | 53,02 | 49,13 |
| 2012* | 93,25 | 74,78 | 34,89 |
| 2013 | 45,69 ± 9,5 | 45,42 ± 6,5 | 34,89 ± 5,8 |

| Год | Месяцы | | |
|--|--------------|-------------|-------------|
| | май | июль | сентябрь |
| Васюган, естественное, CH ₄ | | | |
| 2011* | -2,97 | 2,14 | 1,06 |
| 2012 | 1,56 ± 0,3 | 3,42 ± 0,5 | 1,26 ± 0,2 |
| 2013 | 1,3 ± 0,3 | 2,8 ± 0,1 | 2,1 ± 0,1 |
| Таган, естественное, CH ₄ | | | |
| 2011 | 5,14 ± 0,25 | 4,15 ± 0,22 | 1,56 ± 0,10 |
| 2012 | 11,36 ± 3,50 | 0,06 ± 0,01 | 0,93 ± 0,20 |
| 2013 | 8,50 ± 1,40 | 4,20 ± 2,60 | 1,20 ± 0,20 |
| Таган, мелиорируемое, CH ₄ | | | |
| 2011* | 2,02 | 3,49 | 2,10 |
| 2012* | 33,90 | 2,31 | -0,62 |
| 2013 | 35,71 ± 1,8 | 2,1 ± 0,5 | -1,3 ± 0,1 |
| Турочакское, CH ₄ | | | |
| 2011* | -9,10 | 8,04 | 8,59 |
| 2012* | 1,25 | -1,61 | Не опр |
| 2013 | 4,09 ± 0,1 | 11,27 ± 0,4 | 2,22 ± 0,9 |
| Кутюшское, CH ₄ | | | |
| 2011* | 12,33 | 10,39 | 7,00 |
| 2012* | 28,93 | 0,61 | 0,53 |
| 2013 | 1,8 ± 0,4 | -1,64 ± 0,2 | 0,95 ± 0,2 |

Примечание: * - доверительный интервал не определяли, т.к. расчеты велись в двух повторностях

Список использованных источников

1. Инишева Л.И., Кобак К.И., Турчинович И.Е. "Развитие процесса заболачивания и скорость аккумуляции углерода в болотных экосистемах России", "География и природные ресурсы", том 34, №3, 2013 С. 60-68.
2. Кобак К.И. Биотические компоненты глобального углеродного цикла. – СПб: Гидрометеоиздат, 1988. – 246 с.
3. Neustadt M.I. Holocene peatland development // Late Quaternary Environments of the Soviet Union. – Minneapolis: Univ. of Minnesota Press, 1984. – P. 201–206.
4. Clymo R.S. Assessing the accumulation of carbon in peatlands // Northern peatlands in global climate change. FDITA. –Helsinki: Publ. of Academy of Finland, 1996. – P. 207–212.
5. Вомперский С.Э., Цыганова О.П., Ковалев А.Г., Глухова Т.В., Валяева Н.А. Заболоченность территории России как фактор связывания атмосферного углерода // Глобальные изменения природной среды и климата. – М.: Изд-во РАН, 1999. – С. 124–145.
6. Кузьмин Г.Ф. Болота и их использование // Сборник научных трудов НИИ торфяной промышленности. – СПб: 1993. – 140 с.
7. Васильев С.В. Скорость торфонакопления в Западной Сибири //Динамика болотных экосистем Северной Евразии в голоцене. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2000. – С. 56–59.
8. Танфильев Г.И. О болотах Петербургской губернии // Тр. Вольно-экономического общества. 1988. Т.5. С. 50-80.
9. Сукачев В.Н. Болота, их образование, развитие и свойства // Сб.лекций дополнительных курсов для лесничих. СПб. 1914. С. 249-405.
10. Роде АА. Почвообразовательный процесс и эволюция почв. М., Географгиз, 1947, 142 с.

11. Иванов К.Е. Эрозионные явления на болотах и их роль в формировании озерно-болотных ландшафтов Западной Сибири // Вопросы гидрологии болот лесной зоны: Труды ГГИ. 1969. вып. 157. С.78-97.

12. Новиков С.М. О развитии болотных массивов в лесной зоне. - Метеорология и гидрология, 1991, № 3, С. 17-24.

13. Скрынникова И.Н. К вопросу об истории исследования, принципы классификации и систематики болотных почв СССР // Почвоведение. – 1954. – № 4. – С. 37-50.

УДК 502/504: 556.18

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ИХ УЯЗВИМОСТИ В БАССЕЙНАХ МАЛЫХ РЕК МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

Н.П. Карпенко

ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева, г. Москва, Россия

Оценка взаимосвязи поверхностных и подземных вод и их защищенности в бассейнах рек различного порядка до сих пор является проблемной задачей, несмотря на ее научно-практическую и экологически ориентированную значимость. Рассматриваемые методические принципы комплексной оценки взаимосвязи поверхностных и подземных вод и уязвимости грунтовых вод к поверхностному загрязнению базируются на построении реальных типовых моделей, отражающих главные метеоклиматические, гидрологические, почвенные, геологические и гидрогеологические факторы формирования водного баланса водосборных территорий.

Принципиальная структура комплексной оценки состоит из решения задач двух блоков: в первый блок входят задачи по оценке параметров перетекания при изучении условий взаимосвязи поверхностных и подземных вод, второй блок рассматривает задачи по оценке уязвимости и защищенности грунтовых вод при антропогенных нагрузках. Рассматриваемые методические принципы комплексной оценки взаимосвязи поверхностных и подземных вод и уязвимости грунтовых вод к поверхностному загрязнению были использованы при решении геоэкологических задач на малых водосборных бассейнах Московского региона.

На территории Москвы и Московской области техногенное воздействие на поверхностные воды и водоносные горизонты мезо-кайнозойских отложений столь велико, что закономерности, свойственные естественному режиму, утрачены полностью: пики подъема и спада уровней на графиках годового колебания уровней практически не совпадают ни с периодами весеннего половодья, ни с осенней меженью, как это должно быть при естественном режиме подземных вод [1].

Интенсивная эксплуатация, начавшаяся в Московском регионе с конца XIX века, оказала значительное влияние на процессы взаимосвязи поверхностных и подземных вод, что повлекло за собой не только образование крупных депрессионных воронок, но и уменьшение водоносности бассейнов малых рек, особенно в меженьный период. Под влиянием водоотбора, составляющего в настоящее время в целом по Московской области около 3 млн. м³/сут, произошло формирование обширных воронок депрессии в каменноугольных отложениях с центром в восточных и юго-восточных, примыкающих к г. Москве районах области, где максимальное понижение достигает 120 м. Депрессия водной поверхности каменноугольных от-

ложений охватила практически всю территорию Московской области, за исключением ее крайних западных, северных и южных районов на побережье р. Оки [2].

На территории Московской области протекает около 400 малых рек длиной более 10 км. Все реки относятся к бассейнам четырех главных рек: Клязьмы, Москвы, Оки и Волги. Малые реки Московской области в силу своей природной уязвимости в первую очередь реагируют на техногенную нагрузку: отбор подземных вод, вырубку лесов, распашку, осушение, орошение.

Анализ исследований показывает, что в результате высокой антропогенной нагрузки качество воды в водных объектах Московского региона характеризуется как загрязненное и очень грязное (рис. 1).



Рисунок 1 - Качество воды в водных объектах Московской области [3]

Следует отметить, что в условиях усиления антропогенных нагрузок водосборы малых рек подвергаются значительной трансформации и существенному изменению гидрологического и гидрохимического режимов. При значительных объемах сброса сточных вод в реках прекращаются нормальные процессы жизнедеятельности организмов, расходуется большая часть растворенного в воде кислорода, и водотоки превращаются в канализационный коллектор [4]. В Московской области такими коллекторами стали реки Шаловка (приток Клязьмы), Яуза (в среднем и нижнем течении) с малыми притоками, Сходня (в верхнем течении), ручей Черный (приток Пахры) и многие другие.

Русла рек также беспощадно замусориваются различным бытовыми отходами, что не влияет на русловые процессы крупных и средних рек, но приобретает существенное гидроэкологическое значение на малой реке. Любая свалка на ее берегах может стимулировать аккумуляцию наносов и отмирание русла. Однако, какого-либо действенного контроля их экологического состояния, распашки и использования пойменных территорий малых рек до сих пор не проводится. Более того, на малые реки приходится и большие рекреационные нагрузки, которые будут неуклонно возрастать.

Вопросы взаимосвязи поверхностных и подземных вод тесным образом связаны с экологическими особенностями и динамикой загрязнения подземных вод в зоне сопряжения с поверхностными водами, где первостепенное значение имеют вопросы защищенности грунтовых вод в бассейнах малых рек. Защищенность грунтовых вод от поверхностного загрязнения определяются многими факторами, основными из которых являются мощность зоны аэрации и наличие слабопроницаемых отложений, препятствующих проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли в водоносные системы. Кроме того, на защищенность грунтовых вод влияют фильтрационные и сорбционные свойства перекрывающих пород, соотношение уровней исследуемого горизонта и вышележащего (верховодки), свойства загрязнителей и т.д. [5].

Количественно оценить взаимосвязь подземных вод с рекой можно через параметры, характеризующие степень связи поверхностных и подземных вод: коэффициент перетекания и коэффициент гидравлической связи водоносного горизонта с рекой. Например, коэффициент перетекания (B) можно определить по зависимости:

$$B = \sqrt{\frac{Tm}{k}} \quad (1)$$

где T – водопроводимость водоносного горизонта, м²/сут; m – мощность слабопроницаемых слоев, м; k – коэффициент фильтрации слабопроницаемых слоев, м/сут.

Коэффициент перетекания характеризует соотношение между горизонтальными и вертикальными проводимостями: уменьшение проводимости слабопроницаемых слоев ведет к увеличению коэффициента перетекания и увеличению роли верхних водоносных горизонтов в дренировании всей системы и уменьшению роли нижних горизонтов. Для различных рек Московского региона проводилась оценка взаимосвязи поверхностных и подземных вод водосборных бассейнов разного уровня, которая выявила закономерность изменения доли подземного питания малых рек от коэффициента перетекания (рис. 2).

Типичными водосборами малых рек Московской области являются водосборы рек Клязьма, Яуза, Пахра, Шаловка, Селесня, Лама, Медвенка, Шоша и т.д. Исследования по гидролого-гидрогеологическому и геоэкологическому изучению взаимосвязи поверхностных и подземных и оценке защищенности грунтовых вод проводилось на водосборной площади р. Шаловка, впадающей в реку Клязьма. Река Шаловка находится в Ногинском районе Московской области, вытекает из Бисерова озера и является правым притоком реки Клязьма. Наибольшая ширина реки составляет 7 м, глубина около 1,5 м, длина реки составляет 27 км, площадь водосбора – 231 км². В границах водосбора имеется большое количество населенных пунктов, садоводческих товариществ и рекреационных зон.

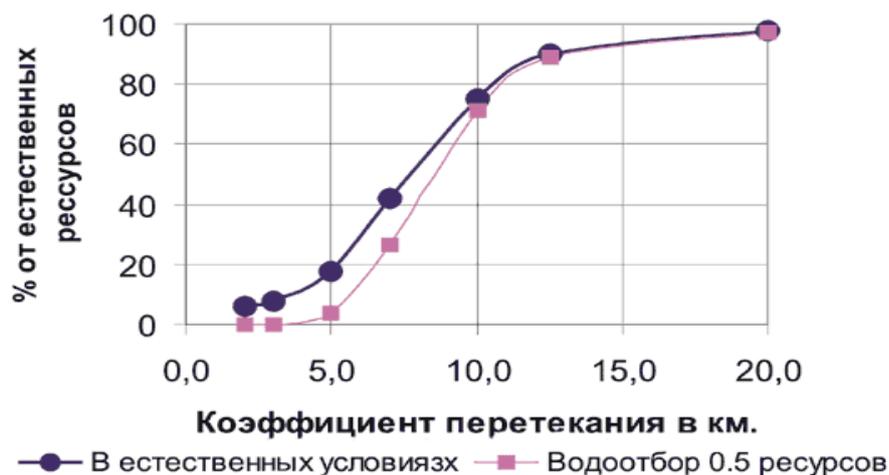


Рисунок 2 - Зависимость доли подземного питания малых рек от коэффициента перетекания [6]

Экологические и геоэкологические условия территории бассейна р. Шаловки весьма неблагоприятные и даже критические. Река Шаловка на своем протяжении имеет сильно загрязненные воды, качество которых связано с влиянием многолетнего сброса сточных вод комбината «Акрихин», сбросов многочисленных бесконтрольных баз сточных вод в районе Старая Купавна, влиянием крупнейшего в Московской области полигона ТБО «Тимохово» [4].

По результатам обследования, проведенного в 2000-2012 годах, было выявлено, что почвы в пойме и донные отложения отличаются повышенным содержанием тяжелых металлов. Оценка условий взаимосвязи поверхностных и подземных вод и анализ защищенности грунтовых вод от проникновения малоопасных загрязняющих веществ проводились для условий территории комбината и пойменных отложений реки.

Вначале проводили комплексную оценку взаимосвязи (коэффициента перетекания) поверхностных и подземных вод по формуле (1). Согласно проведенным расчетам, коэффициент перетекания для бассейна реки Шаловка составил 3,1 км, что хорошо согласуется с исследованиями [5]. Затем количественно оценивали уязвимость (защищенность) грунтовых вод по отношению к поверхностному загрязнению несорбируемым загрязнителем.

Результаты проведенных исследований по оценке уязвимости грунтовых вод позволили выявить, что в пределах всего водосбора имеют место серьезные геоэкологические проблемы, связанные с существенным загрязнением природных компонентов (почв, пород зоны аэрации, грунтовых вод и глубоких водоносных горизонтов). Было установлено загрязнение по следующим типам загрязнителей: тяжелые металлы, органические соединения (летучие и полуметучие), радиохимические ингредиенты. Среди тяжелых металлов были обнаружены такие загрязнители как медь, цинк, марганец, никель, хром, кадмий, свинец, ртуть. Для большинства зарегистрированных соединений установлены высокие концентрации по метанолу, этанолу, 1,2-дихлорэтану, толуолу, хлорбензолу, этиловому эфиру изоникотиновой кислоты, амидопирину и др. Проведенные исследования выявили загрязнение природной среды и органическими соединениями (1,2-дихлорэтан, хлорбензол, циклогексанон, бромбензол, фенол, анилин и др.).

Количественная оценка защищенности грунтовых вод от локального поверхностного загрязнения определялась как отрезок времени, который необходим для проникновения несорбируемого загрязнителя через зону аэрации до уровня грунтовых вод по следующей упрощенной зависимости [5]:

$$t = 40 / W \cdot m(k)^{-1/n}, \quad (2)$$

где W – интенсивность инфильтрационного питания, мм/год; m – мощность зоны аэрации, м; k – коэффициент фильтрации, м/сут; n – безмерный показатель степени, учитывающий принятую модель влагопереноса, (для песков $n = 3,6$).

Для изучаемого объекта интенсивность естественного инфильтрационного питания составляет $W = 55$ мм/год при мощности зоны аэрации $m = 10$ м и при среднем значении коэффициента фильтрации $k = 4$ м/сут. Время, в течение которого несорбируемый загрязнитель проникнет через зону аэрации до уровня грунтовых вод, составило $t = 5$ лет. В период интенсивного сброса сточных вод ($W = 450$ мм/год) время продвижения контура загрязнителя через зону аэрации до уровня грунтовых вод может существенно снижаться ($t = 0,62$ года) [5].

Таким образом, изучение процессов массопереноса во взаимосвязанных водных средах имеет важное научное, природоохранное и экологическое значение. Вопросы количественной оценки взаимосвязи поверхностных и подземных вод и их уязвимости к загрязнению на водосборах малых рек необходимы для решения проблем восстановления и экологической реабилитации водных объектов. Это связано в первую очередь с тем, что любая хозяйственная деятельность на водосборных территориях малых рек (распашка, создание рекреационных зон, сброс промышленных стоков, отбор подземных вод и т.д.) существенно влияет на гидрологический и гидрохимический режим поверхностных и подземных вод. Знание этих вопросов позволяет обосновать необходимый комплекс природоохранных работ по рекультивации земель для восстановления благоприятной геоэкологической обстановки на исследуемых объектах.

Список использованных источников

1. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод с природой. – М.: Гидрометеоздат, 1987. – 248 с.
2. Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2012 году / Правительство Москвы, Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. – М.: Спецкнига, 2012. – 178 с.
3. ГПБУ «Мосэкомониторинг». URL: <http://www.mosecom.ru/>.
4. 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.
5. Карпенко Н.П. Анализ защитных свойств пород зоны аэрации и оценка защищенности грунтовых вод в зоне сброса загрязняющих стоков. – Научно-практический журнал «Природообустройство», 2014, №2. – С. 70-74.
6. Пашковский И.С. Взаимосвязь подземных вод и поверхностных вод и окружающая среда. – Вторая конференция партнеров и пользователей «Геолинк». – М. – С. 1-6

УДК 556.52.

ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ИНКАЙ» В ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.Т. Кашибаева, М.Р. Заппаров

КазНИТУ имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Республика Казахстан

Для обеспечения водой уранового месторождения Инкай в Южно-Казахстанской области Созакского района с целью хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения центральной промплощадки предприятия, проведены гидрогеологические и инженерно-геологические исследования, включающие анализ геодинамических и гидродинамических изменений, происходящих при разработке уранового месторождения, выполнен подсчет эксплуатационных запасов подземных вод.

Месторождение Инкай расположено в юго-западной части Шу-Сарысуйской урановорудной провинции и является крупнейшим урановым объектом гидрогенного типа (рис.1).

Участок работ расположен на плато Бетпак-Дала. Пустыня Бетпак-Дала представляет собой песчано-глинистую полого наклонённую с севера на юг равнину, осложнённую бессточными такырами, дефляционными котловинами и редкими куполовидными поднятиями. Абсолютные отметки - 160-200 м. С запада и юга плато Бетпак-Дала ограничено крутыми склонами-чинками.

Гидрографическая сеть района включает реки Шу, Сарысу и Бактыкарын. Реки имеют водоток только в паводковый период (май-июнь), позднее разбиваются на отдельные плесы с горько-соленой водой. Минерализация вод меняется от 2,1 г/л до 9,0 г/л, на отдельных участках р. Бактыкарын солёность воды в конце лета достигает 212 г/л.

Климат района резко континентальный и характеризуется значительными годовыми и суточными амплитудами колебаний температуры, суровой зимой, жарким летом, короткой весной, сухостью воздуха и малым количеством осадков. По данным наблюдений метеостанции «Бетпак-Дала», средняя годовая температура воздуха $+6^{\circ}\dots+9^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум температур наиболее жарких месяцев июня-июля составляет $+43^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум -35°C падает на январь. Суточные колебания температуры воздуха в летние месяцы достигают 14°C . Средняя годовая сумма осадков - в пределах 130-140 мм. Количество твердых осадков составляет 22-40% от годовых. Средняя влажность воздуха - в пределах 56-59 %.

Для района характерны сильные, почти непрерывно дующие ветры. Среднегодовое число штилей не превышает 17 %. Преобладающее направление ветра - северо-восточное и восточное, средняя скорость - 3,8-4,6 м/с, нередки пыльные бури.

В гидрогеологическом отношении в вертикальном разрезе Созакского артезианского бассейна выделяются следующие структурно-гидрогеологические этажи (рис. 2):

I этаж преимущественно рыхлых и слаболитифицированных образований этажа новейшей тектонической активизации (A_3^2-Q) с порово-пластовыми скоплениями подземных вод в молассоидах;

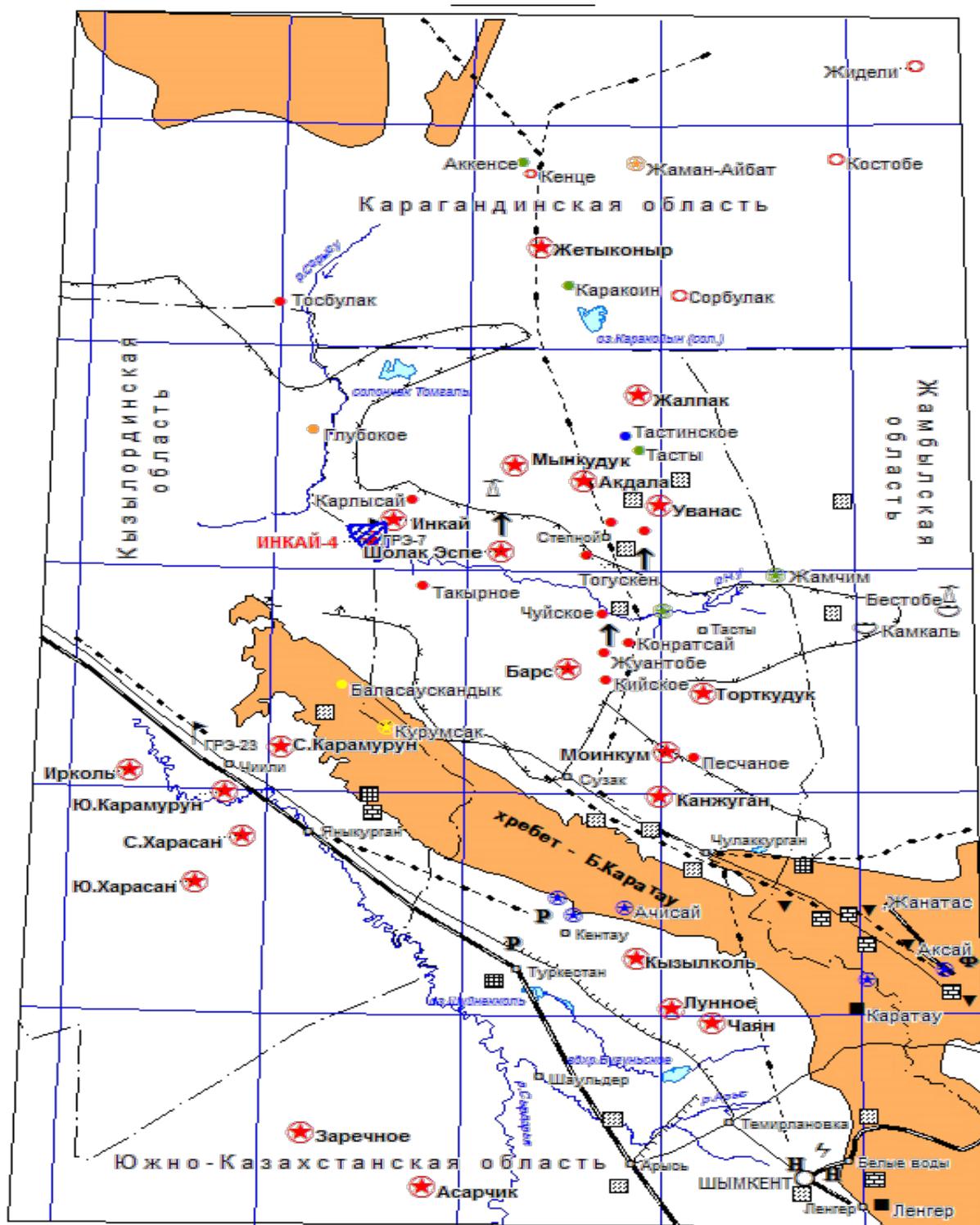


Рисунок 1 - Обзорная административно-экономическая карта района

II этаж слабосцементированных образований этапа платформенного развития ($K_2-A_2^{2-3}$) с порово-пластовыми подземными водами;

III этаж слаболитифицированных и литифицированных образований этапа сводового поднятия (раннемезозойской тектоно-магматической активизации, рифтогенеза, T_3-I_2) с трещинно-порово-пластовыми и порово-трещинно-пластовыми скоплениями подземных вод в терригенных угленосных породах. Породы этого этажа распространены за пределами рассматриваемой территории. Мезозойско-кайнозойский осадочный чехол подстилается породами двух нижних этажей;

IV этаж сложен литифицированными образованиями этапа субплатформенного развития (D₃fm-P), заключающими трещинно-пластовые, карстово-пластовые, пластово-трещинные, иногда трещинно-жильные и карстово-жильные скопления подземных вод в терригенных, карбонатных и хемогенных породах;

V этаж представлен интенсивно литифицированными, в разной степени метаморфизованными осадочными и магматическими, а также метаморфическими образованиями геосинклинального (PR-S) и орогенного (D₁-D₂fr) этапов развития (складчатый фундамент) с трещинно-жильными и карстово-жильными скоплениями подземных вод.

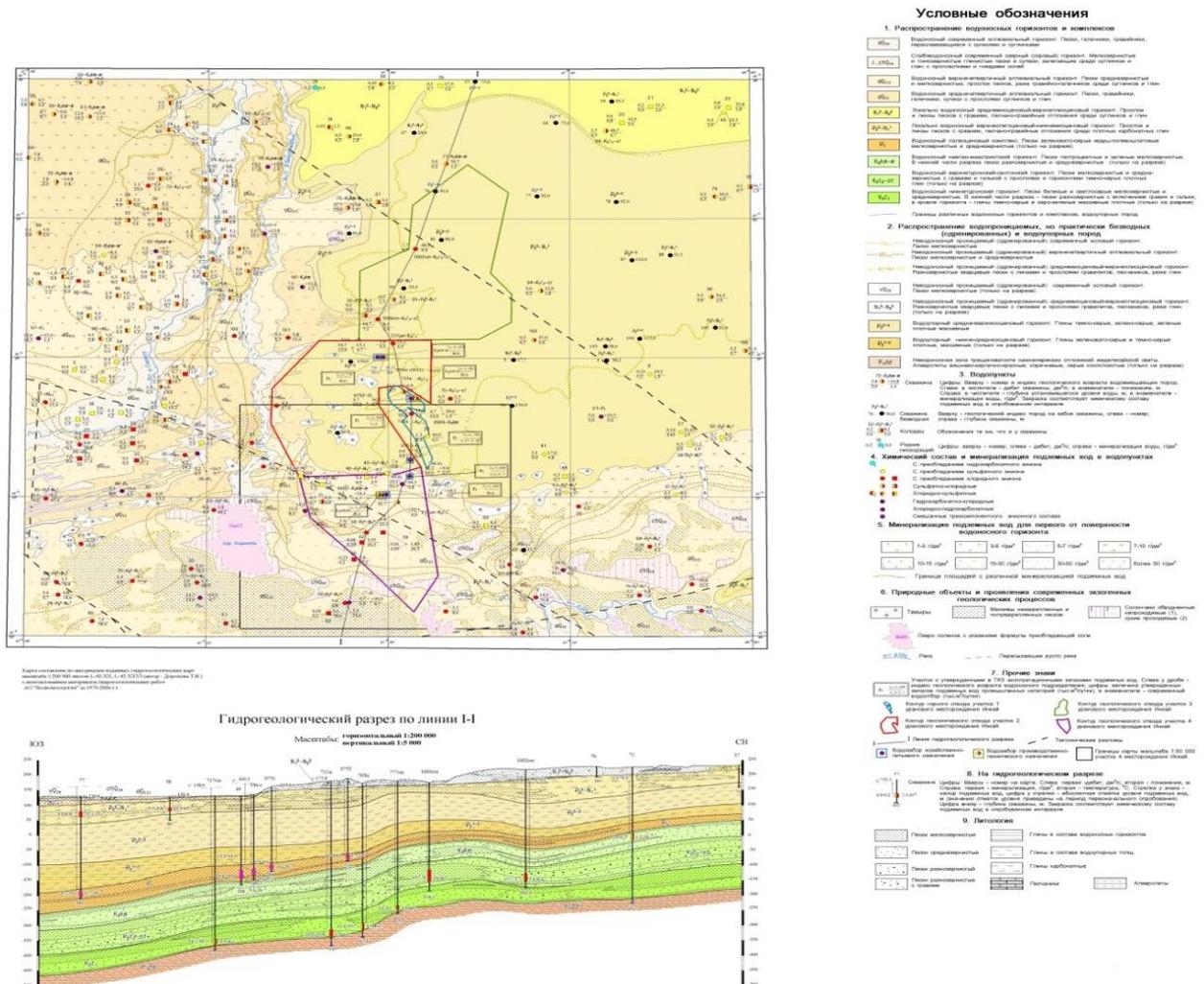


Рисунок 2 - Гидрогеологическая карта района

Проведенные в условиях уранового месторождения Инкай в Южно-Казахстанской области Созакского района гидрогеологические исследования позволили получить следующие результаты.

1) Разработаны методы оценки и выполнен подсчет эксплуатационных запасов подземных вод с целью хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения уранового месторождения Инкай.

2) Установлены гидрогеологические параметры водоносных горизонтов, изучено внутреннее строение рудовмещающего горизонта, дана оценка возможных изменений гидрогеологических и эколого-гидрогеологических условий в процессе

эксплуатации, а также возможного взаимного влияния отработки участка и эксплуатации водозаборов подземных вод при разработке урана.

3) Проведены лабораторные анализы по определению химического и физического состава подземных вод.

4) В работе определены обобщенные гидрогеологические параметры эксплуатируемого водоносного комплекса, установлены закономерности изменения уровней, дебитов и результаты тренд-анализа данных по снижению уровней подземных вод.

Результаты гидрогеологических исследований направлены на увеличение добычи урана при низкой себестоимости, гарантию экологической чистоты подземных вод при обеспечении водой уранового месторождения Инкай с целью хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения. Все запасы являются востребованными, соответствуют современной потребности и степени изученности месторождения. Оцененные эксплуатационные запасы обеспечены естественными ресурсами и естественными запасами. Таким образом оцененные запасы подземных вод позволяют удовлетворить потребность в воде уранового месторождения Инкай.

Качество воды соответствует требованиям СанПиН РК 3.02.002-04 по всем показателям.

УДК 631.671:631.43: 556.01

ИЗМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ РЕКИ СЫРДАРЬИ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.Т. Козыкеева, З.Ф. Саркаева

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

Река Сырдарья, включая ее составляющие реки Нарын и Карадарья, является трансграничным водотоком, протекающим по территории четырех государств: Кыргызской Республики, Республик Узбекистан, Таджикистан и Казахстан со стоком в Аральское море, акватория которого расположена на территории Узбекистана и Казахстана.

Сырдарья формируется стоком рек Нарын, Карадарья, Чирчик, Ахангаран, Келес, Арысь, притоками Сырдарьи в пределах Ферганской долины. При этом вся водосборная площадь реки Сырдарья находится за пределами Узбекистана и Казахстана. Река Сырдарья протекает по территории Республики Узбекистан в пределах Ферганской долины от слияния Нарына и Карадарья до кишлака Каль, затем от Бекабада до Чиназа. В бассейне Сырдарьи лишь устьевая часть Нарына находится в пределах Республики Узбекистан, Карадарья формируется в Кыргызстане, ее правобережные притоки, впадающие в Карадарью в Узбекистане, также формируются в Кыргызстане. Все реки южного обрамления Ферганской долины, как, впрочем, и северного, формируют сток в Таджикистане и Кыргызстане. На территории Узбекистана формируется сток сравнительно многоводных рек Ангрена и частично Чирчика. Река Сырдарьи от Шардары до Аральского моря протекает по территории Казахстана, где формируются стоки рек Келес и Арысь [1; 2; 3; 4].

В зоне формирования стока реки Сырдарья расположены три крупные русловые водохранилища ирригационно-энергетического назначения: Токтогульское на реке Нарын, Андиджанское на реке Карадарья и Чарвакское на составляющей реки

Чирчик, то есть первое служит для многолетнего, а два других - для сезонного регулирования стока.

Таким образом, природные поверхностные воды в бассейне реки Сырдарья, являясь объектом интенсивной эксплуатации и выполняя различные социальные функции, одновременно являются объектом возрастающих экологических, медицинских и социально-экономических проблем, которые складываются на фоне дефицита водных ресурсов в результате изменения климата Центральной Азии [5].

Одним из наиболее заметных и опасных признаков негативных изменений водных ресурсов бассейна, наряду с зарегулированием и перераспределением поверхностного стока, явилось также его загрязнение, то есть аномальное изменение химического состава воды речных экосистем и деградация их биологической компоненты [6].

Ухудшение качества воды в Сырдарье и деградация самой реки имеют давнюю историю. В советские годы начались активные сбросы в водоемы и водотоки бассейна Сырдарьи недостаточно либо вообще не очищенных сточных вод промышленных предприятий, объектов коммунально-бытового сектора и сельского хозяйства. В бассейне Сырдарьи 44 % орошаемых земель приходилось на Ферганскую долину, 24 % - на среднее течение (Голодная степь), 13 % - на Чирчик-Ахангаранский ирригационный район, около 4 % - на верхнее течение (бассейны Карадарьи и Нарына) и около 15 % - на нижнее течение и Арысь-Туркестанский ирригационный район [1; 2; 3; 4].

Качественный состав водных ресурсов реки Сырдарья образуется в зоне формирования стока (Таджикистан, Кыргызстан) под влиянием природных факторов, в зоне транзита и рассеивания стока (Узбекистан и Казахстан) под влиянием антропогенных факторов. Качество воды в реках на выходе из зоны формирования в основном отвечает нормативным требованиям для различных видов водопользования. Далее ухудшение качественного состояния вод связано со сбросами сточных и коллекторно-дренажных вод (КДВ) непосредственно в реки практически без очистки.

Поэтому круг вопросов, возникающих при исследовании изменения гидрохимического режима, в этой работе охватывает изменения минерализации по длине реки Сырдарья, и использованы материалы по многолетнему водному стоку, накопленные Узгидромет и Казгидромет по створам реки Сырдарья за период 1983-2002 гг. [1; 2; 3 4].

Как видно из таблицы 1, сток реки от верхнего створа к нижнему уменьшается, а минерализация увеличивается. Так, минерализация воды составила в створах: гидропоста Каль - 693 мг/л, у гидропоста Бакабад - 1145 мг/л, а у поселка Надеждинский - 1236 мг/л. В створе гидропоста Чиназ наблюдается уменьшение минерализации до 988 мг/л. Это объясняется тем, что в этой части в реку впадает один из крупных притоков Сырдарьи р. Чирчик и разбавляет её минерализацию.

Прогноз минерализации воды в низовьях реки определялся на три уровня водности реки Сырдарьи в створе Кокбулак. Условно принято 10-12 км³ для маловодного года, 14-16 км³ - для среднего по водности года и 18-19 км³ - для многоводного года. При любых вариантах ниже створа Томен-Арык минерализация воды в реке выше 1,0 г/л. В створе гидропоста Казалы происходит увеличение минерализации речной воды, максимальный ее рост составляет 20 % от вышележащего, достигая 3000 мг/л. Максимальное содержание ионов Mg⁺⁺ в 2-2,5 раза превышает

ПДК, Na⁺- до 1,7 раза, SO₄⁻ - в 1,5-1,6 раза для водоемов санитарно-бытового использования.

Таблица 1- Изменение минерализации речного стока по длине р. Сырдарья, г/л

| Река, створ | Годы | | | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1951-60 | 1961-70 | 1971-80 | 1981-90 | 1991-99 | 2000-09 |
| Нарын | 0.24-0.28 | 0.24-0.29 | 0.25-0.29 | 0.25-0.30 | 0.26-0.30 | 0.26-0.30 |
| Карадарья | 0.30-0.48 | 0.31-0.49 | 0.32-0.50 | 0.35-0.52 | 0.40-0.53 | 0.42-0.53 |
| Чирчик | 0.17-0.34 | 0.18-0.40 | 0.18-0.44 | 0.19-0.65 | 0.23-0.72 | 0.25-0.72 |
| Ангрен | 0.12-0.13 | 0.13-0.33 | 0.13-0.44 | 0.13-0.69 | 0.13-0.85 | 0.13-0.85 |
| Каль | 0.40-0.42 | 0.45-0.59 | 0.62-1.03 | 1.04-1.20 | 1.10-1.25 | 1.12-1.26 |
| Бекабад | - | 0.64-0.91 | 0.97-1.38 | 1.38-1.48 | 1.48-1.35 | - |
| Шардара | 0.40-0.50 | 0.50-0.68 | 0.68-0.94 | 0.94-1.40 | 1.40-1.30 | - |
| Томенарык | 0.40-0.50 | 0.50-0.74 | 0.74-0.94 | 0.94-1.74 | - | - |
| Кызылорда | 0.40-0.51 | 0.51-0.70 | 0.70-0.98 | 0.98-1.74 | 1.74-1.39 | 1.39-1.40 |
| Казалы | 0.41-0.52 | 0.52-0.85 | 0.85-1.01 | 1.01-1.49 | 1.49-1.55 | - |
| Устье реки | - | - | - | - | - | 2.122 |
| Малый Арал | - | - | - | - | - | 6.307 |

При этом изменение минерализации воды реки Сырдарья во многом зависит от водности года, технического состояния гидромелиоративных систем и других факторов. Формируется от 19,0 до 28,0 км³ возвратных вод на территории Узбекистана, где 90–92 % составляют коллекторно-дренажные воды. В общем объеме возвратного стока доля от промышленности и коммунально-бытового хозяйства варьирует от 1,1 до 1,4 км³.

Таким образом результатом антропогенной деятельности является повышение уровня минерализации воды на нижних участках реки Сырдарья. При этом средняя соленость воды опресненной части Малого Арала в 2012 году в весенний период составляла 5700 мг/дм³, осенью повысилась до 7400 мг/дм³. Максимальное значение минерализации (9000-11700 мг/дм³) характерно для центральной части и осолоненной воды залива Бутовка. Минимальные показатели (4000-6300 мг/дм³) наблюдались в приустьевой и в восточной части моря [6].

Известно, что ниже створа кишлака Каль идет интенсивное использование стока на орошение. В этих зонах разнообразен тип засоления орошаемых массивов: от гидрокарбонатно-кальциевого до содово-сульфатного и хлоридно-натриевого. Этот фактор имеет огромное значение при миграции солей. С орошаемых земель Ферганской, Голодно степной и правобережной зоны Ташкентской области, где преобладает сульфатно-кальциево-магниевое засоление, наблюдается наибольший вынос легкорастворимых солей в период вегетации. Грунтовые воды оказывают значительное влияние на миграцию солей в вегетационный период, так как при орошении они частично меняют направление и начинают поступать в реку, пройдя сложный путь взаимодействия с орошаемыми почвами и подстилающими их мелкозернистыми толщами. При этом глубина залегания грунтовых вод от 0,5 до 2 м, часто выходят воды на поверхность, определяя засоление территории. Минерализация же грунтовых вод увеличивается от 0,2 до 6, по отдельным участкам даже до 12 г/л.

Таким образом, в низовьях реки Сырдарья за счет сброса неочищенных или недостаточно очищенных стоков из муниципально-бытовых источников (сбросы сточных вод из секторов промышленности и животноводства; стоки, образующиеся

при добыче руды и несанкционированном хранении бытовых отходов из близлежащих населенных пунктов) на территории Кыргызской Республики, Таджикистана и Узбекистана речные воды постоянно находятся под техногенным воздействием, минерализация высокая в сравнении с верхним и средним течением реки (табл.2).

Таблица 2 - Состояние качества воды реки Сырдарьи в Казахстане (станция Кокбулак)

| Год | Индекс загрязненности воды | Загрязняющие компоненты | Средняя концентрация, мг/дм ³ | Кратность превышения ПДК | Качество воды |
|------|----------------------------|-------------------------|--|--------------------------|------------------------------------|
| 2001 | 1.26 | Марганец | 78.120 | 1.95 | Класс 3 (умеренно загрязненная) |
| | | Сульфаты | 662.41 | 6.63 | |
| | | Железо (2+) | 0.018 | 3.6 | |
| | | Медь | 0.0028 | 2.8 | |
| 2002 | 1.36 | Марганец | 58.628 | 1.47 | Класс 3 (умеренно загрязненная) |
| | | Сульфаты | 555.661 | 5.56 | |
| | | Железо (2+) | 0.037 | 7.45 | |
| | | Медь | 0.0039 | 3.9 | |
| 2003 | 2.13 | Марганец | 59.956 | 1.5 | Класс 3 (умеренно загрязненная) |
| | | Сульфаты | 486.012 | 4.86 | |
| | | Железо (2+) | 0.036 | 7.19 | |
| | | Медь | 0.0042 | 4.19 | |
| 2004 | 1.92 | Марганец | 63.768 | 1.59 | Класс 3 (умеренно загрязненная) |
| | | Сульфаты | 515.402 | 5.15 | |
| | | Железо (2+) | 0.046 | 9.2 | |
| | | Медь | 0.0034 | 3.38 | |
| 2005 | 2.03 | Азотнитратный | 0.04 | 2.0 | Класс 3 (умеренно загрязненная) |
| | | Сульфаты | 469.9 | 4.7 | |
| | | Марганец | 53.4 | 1.3 | |
| | | Медь | 0.0031 | 3.1 | |
| 2006 | 2.19 | Азотнитратный | 0.045 | 2.3 | Класс 3 (умеренно загрязненная) |
| | | Сульфаты | 507.3 | 5.1 | |
| | | Марганец | 51.8 | 1.3 | |
| | | Медь | 0.0034 | 3.4 | |

На увеличение минерализации и изменения химического состава речных вод Сырдарьи на всем ее протяжении влияет и коллекторно-дренажный сток. Состав большинства коллекторных вод высокой минерализации - сульфатно-магниевонатриевый, что сказывается на химическом составе воды реки Сырдарьи.

При этом относительный состав концентрации ионов в течение года практически не меняется, однако наблюдается устойчивый рост содержания ионов SO₄²⁻ на

всем протяжении реки Сырдарьи. Так, в среднем за многолетний год содержание ионов SO_4^{2-} , определяющее класс гидрохимического режима, в створе выше устья реки Келес в 1,67 раза превышает их содержание по створу у кишлака Каль. Из катионной группы содержание Ca^{2+} в створе «выше устья р. Келес» в 2,08 раза, Mg^{2+} в 1,46 раза, $Na^+ + K^+$ в 1,97 раза превышает их содержание по створу у кишлака Каль [7-8].

Таким образом, антропогенное воздействие на минерализацию воды реки Сырдарьи связано главным образом с использованием воды для орошения и регулирующим влиянием водохранилищ, то есть уменьшение стока Сырдарьи привело к ухудшению гидролого-гидрохимического и гидробиологического режимов не только дельтовых озер и низовья реки.

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., Пулатов К., Козыкеева А.Т. Мустафаева Л.Ж. Пути улучшения природно-экологической ситуации вбассейне Аральского моря (Аналитический обзор). -Тараз, 1997. - 80 с.
3. Козыкеева А.Т. Пути улучшения почвенно-мелиоративной и экологической обстановки в низовьях реки Сырдарьи. Автореферат дисс. к.т.н. -Тараз: 1998. - 22 с.
4. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Бассейн Аральского моря: прошлое, настоящее и будущее. – Тараз, 2012. -318 с.
5. Бурлибаев М.Ж., Бурлибаева Д.М., Муртазин Е.Ж., Муртазина А.С., Сейтова С.С. Об экологическом аспекте взаимосвязи загрязнения поверхностного стока и здоровья населения в бассейне реки Сырдарьи // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной к 70-летию Института географии АО ЦНЗМО РК // Географические проблемы устойчивого развития: теория и практика. - Алматы, 2008. - С. 354-370.
6. Мукашева А. С., Лопарева Т. Я. Генетическая однородность ионно-солевого состава воды Балхаш-Илейского и Арало-Сырдарьинского бассейнов //Вестник Астраханского государственного технического университета.серия: рыбное хозяйство. - 2013.-№2.-С. 111-115.
7. Козыкеева А.Т., Ескермесов Ж.Е., Кусмухамбетов Н.М., Асатова Е.С. Геоэкологические оценки качества жизни населения в низовьях реки Сырдарьи //Материалы республиканской научно-практической конференции магистрантов, докторантов и молодых ученых на тему «Наука и современность -2015», посвященная реализации Послания Президента РК народу Казахстана «НҰРЛЫ ЖОЛ – ПУТЬ В БУДУЩЕЕ». -Тараз, 2015. - С.
8. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Ескермесов Ж.Е., Кусмуханбетов Н.М. Гидрогеохимические аспекты формирования природно-техногенной стемы в низовьях реки Сырдарьи в условиях антропогенной деятельности. Гидрометеорология и экология, 2014. - №3. – С. 103-115.

УДК502/504

ОЦЕНКА «ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА» ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СИСТЕМЫ КАЗАХСТАНА

К.Б. Койбагарова, К.Ж. Мустафаев

ТОО «НТО Гидротехника и мелиорация», г. Алматы, Казахстан

Методика расчета «экологического следа» подготавливается международной организацией GlobalFootprintNetwork. В общем случае экологический след каждого элемента определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{ki} = C_i / Y_i \cdot f \cdot E_f, \quad (1)$$

где \mathcal{E}_{ki} - «экологический след» каждого элемента; C_i - годовое потребление элемента; Y_i - продуктивность земли или выход каждого ее элемента по назначению, например, пастбище, сенокос и другие; f - фактор урожайности (YieldFactor); E_f - эквивалентный фактор (EquivalenctFactor) [2].

Следовательно, «экологический след» определенного элемента вычисляется как годовое потребление этого элемента (C_i), деленное на продуктивность земли (Y_i) и это соотношение умножается на фактор урожайности (f) и фактор эквивалентности (E_f), который составляет следующие величины: пахотные угодья - 2,415, малопригодные пахотные угодья - 1,79, лес - 1,365, пастбища - 0,525, внутренние и морские воды - 0,360, застроенные земли - 2,210 и рыбоводческие территории - 0,400.

Общий «экологический след» ($\mathcal{E}C$) определяется как сумма экологических следов всех вычисленных элементов определенной популяции:

$$\mathcal{E}C = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{ki}, \quad (2)$$

Для определения «экологического следа» необходимо рассчитать значение шести его элементов: растениеводческого следа (Cl); пастбищного следа (Gl); рыбохозяйственного следа (Fg); лесохозяйственного следа (F); энергетического следа (E); следа инфраструктуры (I). Для каждого из этих элементов характерен единый принцип расчета: объемы внутреннего потребления переводят в эквивалентную площадь со среднемировой продуктивностью, выраженную в мга, и эта площадь делится на количество населения страны. Затем шесть показателей суммируются, и определяется «экологический след» в расчете на душу населения, который является более наглядным показателем, так как учитывает количество населения, непосредственно осуществляющее внутреннее потребление.

Объем внутреннего потребления (DC) рассчитывается по формуле:

$$DC = DP + Sl + I_m - Ex - S_2, \quad (3)$$

где DP - производство внутри страны; Sl - запасы на начало года; I_m - импорт; Ex - экспорт; S_2 - запасы на конец года.

Следует отметить, что объемы внутреннего потребления при расчете «экологического следа» зарубежными специалистами проводятся по упрощенной формуле $DC = DP + I_m - Ex$, что приводит к некоторому (впрочем, незначительному) искажению данных.

Растениеводческий след (Cl) показывает, какая площадь территории со среднемировой продуктивностью необходима для удовлетворения внутреннего потребления продуктов растениеводства. Общая формула растениеводческого следа имеет вид [2]:

$$Cl = \sum_{i=1}^n (C_i^d / P_i^d), \quad (4)$$

где n - число статей внутреннего потребления продуктов растениеводства; C_i^d - объем внутреннего потребления i -го продукта растениеводства; P_i^w - среднемировая продуктивность i -го продукта растениеводства. Растениеводческий след на душу населения $\bar{Cl} = Cl / N_b$, где N_b - численность населения (табл. 1) [6-8].

Таблица 1 - Растениеводческий след для Республики Казахстан

| № | Продукты растениеводства | Внутреннее потребление, кг | Среднемировая продуктивность, кг/мга | Общереспубликанский растениеводческий след, мга |
|---|--------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---|
| 1 | Пшеница | 2658795300 | 3211.45 | 827911.16 |
| 2 | Рис | 405479200 | 4418.48 | 31768.93 |
| 3 | Ячмень | 3372627100 | 2964.94 | 1137502.65 |
| 4 | Кукуруза | 441152100 | 5421.68 | 81368.16 |
| 5 | Рожь | 82936000 | 2821.06 | 23398.88 |
| 6 | Овес | 317036000 | 2438.59 | 130007.91 |
| 7 | Гречиха | 108304800 | 971.74 | 111454.50 |
| 8 | Картофель | 696798531 | 19386.73 | 35942.04 |
| 9 | Зернобобовые | 23454000 | 936.21 | 25052.10 |
| 11 | Овощи | 1231550892 | 15330.81 | 83331.76 |
| 12 | Соя | 50026176 | 2459.27 | 20341.90 |
| 13 | Табак | 27484300 | 1797.18 | 15293.02 |
| 14 | Фрукты | 252792025 | 7886.45 | 32054.00 |
| 15 | Сахар | 612116500 | 49735.51 | 12307.43 |
| 16 | Хлопок | 110915100 | 2179.54 | 50889.22 |
| 17 | Растительное масло | 402202000 | 1379.40 | 231577.49 |
| 18 | Кормовые травы | 1371500000 | 14877.72 | 92184.8 |
| 19 | Чай | 46371500 | 1443.86 | 32116.34 |
| 20 | Кофе | 9298300 | 825.44 | 11264.66 |
| 21 | Просо | 48139000 | 971.74 | 43538.97 |
| Общий растениеводческий след $Cl^d = \sum_{i=1}^n C_i^d / P_i^d = 3029305.92$ мга | | | | |
| Растениеводческий след на душу населения $Cl^d / N_i = 0.182$ мга/чел | | | | |

Как видно из таблицы 1, растениеводческий след для Республики Казахстан определен на основе данных потребительской корзины, в которые входит 21 продукт, и общий объем их составляет 3029305.92 мга, и на душу населения: $Cl^d / N_i = 0.182$ мга/чел.

Пастбищный след (Gl) показывает количество гектаров пастбищ со среднемировой продуктивностью, необходимых для удовлетворения внутреннего потребления продуктов животноводства. Общая формула для определения пастбищного следа имеет вид [2]:

$$Gl = \sum_{i=1}^n (G_i^d / P_i^w), \quad (5)$$

где n - число статей внутреннего потребления продуктов животноводства; G_i^d - объем внутреннего потребления i -го продукта животноводства; P_i^w - среднемировая продуктивность i -го продукта животноводства. Расчет пастбищного следа Республики Казахстан приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Пастбищный след для Республики Казахстан

| № | Продукты растениеводства | Внутреннее потребление, кг | Среднемировая продуктивность, кг/мга | Общереспубликанский растениеводческий след, мга |
|--|--------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---|
| 1 | Говядина | 245128262.4 | 1100.0 | 222843.9 |
| 2 | Свинина | 68369107.2 | 858.0 | 73684.3 |
| 3 | Баранина | 85602508.8 | 821.7 | 104177.3 |
| 4 | Мясо птицы | 150078528.0 | 508.2 | 295313.9 |
| 5 | Другие виды мяса | 110027587.2 | 821.7 | 133938.9 |
| 5 | Шерсть | 9232000 | 16.665 | 553975.4 |
| 6 | Кожа | 13530600 | 16.665 | 811917.2 |
| 7 | Молоко | 529870500 | 24107.6 | 21979.4 |
| 8 | Яйца, шт | 2014387354 | 262.57 | 511454.1 |
| 9 | Масло животное | 63366489.6 | 1379.4 | 45937.7 |
| 10 | Сметана и сливки | 60031411.2 | 24107.6 | 2490.1 |
| Общий пастбищный след $Gf^d = \sum_{i=1}^n G_i^d / P_i^d = 26437733$ мга | | | | |
| Пастбищный след на душу населения $Gf^d / N_i = 0.159$ мга/чел | | | | |

Рыбохозяйственный след (Fg) определяет площадь акваторий, обладающих среднемировой продуктивностью, необходимой для производства рыбы и морепродуктов в объемах, соответствующих внутреннему потреблению страны. Отсюда общий рыбохозяйственный след составляет [2]:

$$Fg = F^d / P_f^d, \quad (6)$$

где F^d - объем внутреннего потребления рыбы и рыбопродуктов; P_f^w - среднемировая продуктивность рыбы и рыбопродуктов, а рыбохозяйственный след на душу населения $\overline{Fg} = Fg / N_b$. Расчет рыбохозяйственного следа для Республики Казахстан приведен в таблице 3.

Таблица 3 - Рыбохозяйственный след для Республики Казахстан

| п | Продукты растениеводства | Внутреннее потребление, кг | Среднемировая продуктивность, кг/мга | Общереспубликанский растениеводческий след, мга |
|---|--------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---|
| 1 | Рыбы и морепродукты | 151746067.2 | 83.77 | 1311460.8 |
| Общий рыбохозяйственный след $Fg^d = \sum_{i=1}^n Fg_i^d / P_i^d = 1311460.8$ мга | | | | |
| Рыбохозяйственный след на душу населения $Fg^d / N_i = 0.079$ мга/чел | | | | |

Лесохозяйственный след (F) показывает, какая площадь лесов со среднемировой продуктивностью необходима для удовлетворения внутреннего потребления продуктов лесного хозяйства. Общая формула для расчета лесохозяйственного следа имеет вид [111]:

$$F^d = \sum_{i=1}^n (F_i^d / P_i^w), \quad (7)$$

где n - количество продуктов лесного хозяйства; F^d - внутреннее потребление i -го продукта лесного. Лесохозяйственный след на душу населения $\bar{F} = F / N_b$. Расчет лесохозяйственного следа для Республики Казахстан приведен в таблице 4.

Таблица 4 - Лесохозяйственный след для Республики Казахстан

| п | Продукты лесного хозяйства | Внутреннее потребление, м ³ | Среднемировая продуктивность, м ³ /мга | Общереспубликанский растениеводческий след, мга |
|---|----------------------------|--|---|---|
| 1 | Лесоматериалы | 1681700 | 5.6644 | 236910.3 |
| 2 | ДВП | 24212100 | | 4274433.3 |
| Лесохозяйственный след $F^d = \sum_{i=1}^n F_i^d / P_i^d = 4511343.6$ мга | | | | |
| Лесохозяйственный след на душу населения $F^d / N_i = 0.271$ мга/чел | | | | |

Энергетический след (E) может рассчитываться по двум методикам. Первая предполагает учет структуры энергетического баланса. Внутреннее энергопотребление Республики Казахстан составляет 975.2×10^{12} ккал, удельная теплоемкость дерева - 2150 ккал/кг. Тогда масса дров, которая понадобилась бы для удовлетворения внутренних потребностей Республики Казахстан в энергии при использовании в качестве энергоносителя только дров: 975.2×10^{12} ккал / 2150 ккал/кг = 453 581 395 348 кг. Средняя плотность дерева составляет 520 кг/м³, тогда соответствующий объем древесины равен: $m / \rho_i = 453 581 395 348$ кг / 520 кг/м³ = 372 271 914,13 м³. При среднемировой продуктивности леса, равной 4.046 м³/мга, такой объем потребления древесины эквивалентен энергетическому следу, равному - $m / \rho_i \cdot g = 372 271 914,13$ м³ / 4.046 м³/мга = 92 009 865.8 мга. Энергетический след на душу населения Республики Казахстан составляет $m / \rho_i \cdot g \cdot N_i = 92 009 865.8$ мга / 16675392 = 5.52 мга/чел.

След инфраструктуры (I) всегда равен экологической емкости территории, занятой под объекты инфраструктуры, то есть жилья, транспорта и производственных мощностей [8]. На долю населенных пунктов приходится 20.0 млн. га - 7.4 %; земли промышленности, транспорта, связи, обороны и иного несельскохозяйственного назначения занимают 11.7342 млн. га - 4.1 %. При этом, след инфраструктуры можно определить по формуле: $I = 31734200 \times 2.415 \times 0.7875 = 63352498.2$ мга. След инфраструктуры на душу населения Республики Казахстан составляет $\bar{I} = 63352498.2$ мга / 16675392 = 3.52 мга/чел.

«Экологический след» на душу населения рассчитывается по формуле:

$$EF = \bar{Cl} + \bar{Gl} + \bar{Fg} + \bar{F} + \bar{E} + \bar{I} . \quad (8)$$

На основе полученных данных (табл. 1-4) построена гистограмма экологического следа на душу населения Республики Казахстан [5] и определено, что общий «экологический след» на душу населения Республики Казахстан составляет 9.731 мга/чел.

Список использованных источников

1. Мельник Л.Г., Хенс Л. Социально-экономический потенциал устойчивого развития: учебник. - Сумы: ИТД «Университетская книга», 2007. - 1120 с.

2. Мозговая О. С. Применение концепции «Экологический след» для расчета резервов экологической емкости с целью определения рекреационной нагрузки в национальных парках Беларуси // Журнал международного права и международных отношений, 2007. - №2. - С.85-93.

3. РужевичюсЮозас Экологический след как новый количественный индикатор устойчивого развития. - 2010 - 9 с.

4. Кубатко А. В. Научный подход к определению экологического следа, как индикатора устойчивого развития на уровне региональных экономик // Механізмрегулюванняекономіки, 2009. - №1.- С.194-202.

5. Мустафаев Ж.С. Методологические основы экологической оценки емкости природных систем. - Тараз, 2014. -316 с.

6. Баланс ресурсы и использования важнейших видов сырья, продукции производственно-технического назначения и потребительских товаров по Республике Казахстан (статистический сборник). - Астана, 2008. - 120 с.

7. Сельское, лесное и рыбное хозяйство в Республике Казахстан (статистический сборник). - Астана, 2008. - 230 с.

8. Охрана окружающей среды и устойчивости развития Казахстана (статистический сборник). - Астана, 2008. - 270 с.

УДК 528.94:55

ЭРОЗИЯ СКЛОНОВ - ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ РЕК

Н. В. Коломийцев, Б. И. Корженевский

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

При оценке негативного воздействия плоскостной эрозии главное внимание уделяется потерям плодородия почв и, как следствие, потери урожая. При этом часто игнорируются другие последствия, такие, как заиление и загрязнение водоемов, нарушение структуры и снижение устойчивости ландшафта к негативным воздействиям и др. Миграция загрязняющих веществ и поступление их в водные объекты приводят к загрязнению последних различными химическими элементами и соединениями.

Несмотря на то, что для ряда территорий существует достаточно много экспериментальных данных о смыве почв по типам рельефа [1], немало объектов, для которых эти данные отсутствуют. В этом случае следует использовать морфометрические показатели рельефа в количественном выражении. Для этого составляются шкалы балльной оценки каждого показателя. Степень проявления эрозии определяется по следующим шести группам: 1 – очень слабая, 2 – слабая, 3 – умеренная, 4 – значительная, 5 – сильная и 6 – катастрофическая [2]. Также можно использовать логико-графическую схему эволюции склонов в ходе эволюционно-аккумулятивных процессов [3], которая показывает, что форма склонов является отражением этих про-

цессов, а функция формы склона определяется посредством логистического уравнения, описывающего связь отметок склона с их длиной.

На «ступенчатом» склоне, когда чередуются пологие и крутые участки, возможность эрозии резко уменьшается, т. к. террасы поглощают энергию потока. Потенциальная опасность развития эрозии почв, прежде всего, определяется крутизной и длиной склонов. Для условий орошения разработаны градации интенсивности эрозионных процессов в зависимости от уклона и коэффициента горизонтального расчленения [4].

Многообразие и сложность почвенного покрова, его особое место в природе и агропромышленном комплексе требуют комплексной агроэкологической оценки и группировки для рационального использования земель. Для этих целей используются: данные мониторинга земель, базирующиеся на результатах последних землеустроительных, почвенных, геоботанических, гидрологических, агрохимических, эрозионных, фитосанитарных и других обследований и изысканий; сведения о размещении на этих землях сельскохозяйственных культур; информация о продуктивности земель за последние 3–5 лет.

При группировке земель необходимо соблюдать два принципа. Во-первых, множество почвенных разновидностей должно быть сведено к минимальному числу внутренне однородных групп и, во-вторых, эти группы должны иметь существенные агроэкологические различия. Разработана агроэкологическая оценка и проведена группировка земель [5]. Для условий малых рек бассейна средней и верхней Оки выделены четыре категории земель, близких по рельефным, почвенно-эрозионным, гидрогеологическим и агротехническим условиям и по требованиям к проведению мелиоративных работ (табл. 1). Водосборы малых рек бассейна средней и верхней Оки по большинству параметров являются типичными лесоаграрными ландшафтами центральной части Русской равнины.

Таблица 1 – Агроэкологическая оценка земель бассейна малой реки

| Категория земель | Крутизна склонов | Тип смытости почв, земли | | | |
|------------------|------------------|---|-----------|-----------------------------------|-----------|
| | | Южные и западные экспозиции | | Северные и восточные экспозиции | |
| | | Средний многолетний смыв со склонов пахотных земель, м ³ /(га в год) | | | |
| 1 | < 3 | Несмытые и среднесмытые | < 13 | Несмытые | < 8 |
| 2 | 3-5 | Сильносмытые | 13-25 | Средне- и сильносмытые | 8-13 |
| 3 | 5-8 | Сильносмытые | > 25 | Сильносмытые | > 13 |
| 4 | > 8 | Долинно-балочные и овражные земли | Нет пашни | Долинно-балочные и овражные земли | Нет пашни |

Приведенные в таблице 1 данные показывают, что при оценке эрозионной опасности земель существенную роль в смытости почв играет экспозиция склонов. В Нечерноземной зоне РФ большая часть твердого материала эродирована в период весеннего снеготаяния. По данным [6] в некоторые годы до 90% твердого стока приходится на этот период. По материалам [7] выделяются три фазы снеготаяния и смыва почвы. Первая, когда $t^{\circ} < 3^{\circ}\text{C}$ и поверхность почвы начинает освобождаться

от снега и находится в мерзлом состоянии. В эту фазу впитывающаяся в почву талая вода приводит к образованию на некоторой глубине запирающего слоя и происходит насыщение верхнего оттаивающего слоя. Вторая фаза – при $t^{\circ} = 3-5^{\circ}\text{C}$ – поверхность почвы оголяется на 50 – 75 %, верхний слой почвы оттаивает и, находясь в переувлажненном состоянии на мерзлом слое, легко смывается потоками талой воды. Третья наступает при $t^{\circ} > 5^{\circ}\text{C}$ – потоки талой воды сформировали русло, происходит разрушение запирающего слоя, повышается водопроницаемость почвы и увеличивается скорость впитывания. При полном оттаивании и насыщении почвы водой интенсивность впитывания становится близкой к коэффициенту фильтрации талой почвы. В дальнейшем механизм переноса загрязнителей и самоочищения определяется морфометрическими и гидрологическими характеристиками и гидрохимическим режимом водоема, видами техногенного воздействия.

Особая роль в процессах самоочищения рек принадлежит пойменным территориям. Пойма реки делится на три части: прирусловую – наиболее крутую и расчлененную, центральную – более протяженную, занимающую среднюю часть, и притеррасную – наиболее заниженную и заболоченную часть с наличием стариц и озер. Это определяет высокую сложность структуры их почвенного покрова. В системе экологического мониторинга речного бассейна учет роли пойменных территорий – необходимое составное звено, которое позволит более рационально вести сельскохозяйственное использование пойм. Учет подразумевает следующую последовательность операций: анализ площадного развития морфоэлементов поймы; анализ почвенно-растительного покрова пойм; анализ использования пойменных земель; анализ гидрологического режима пойменных территорий; анализ загрязненности пойменных почв. Наряду с загрязнением водоемов при эрозионных процессах отмечается и очищение, которое может осуществляться, как вследствие морфометрических характеристик склона, так и вследствие разбавления «грязных» накоплений «чистым» эрозионным материалом.

При мониторинге возникает необходимость выделения эталонных бассейнов рек, более глубокого изучения формирования их экосистем, гидробиологического режима, определения продуктивности земель [8]. Реакция экосистем любого ранга зависит от того, в какой мере экологическое состояние окружающей среды адекватно условиям ее гомеостаза, под которым понимается относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней структуры экосистемы. Гомеостаз предполагает сохранение устойчивости экосистемы в условиях воздействия ряда факторов. При этом воздействие каждого фактора или их совокупности может быть оценено как минимальное, когда оно не вызывает реакции (возмущения) экосистемы, и максимальное, последствиями которого могут быть деградация экосистемы в целом или ее переход по сути в иную экосистему. Диапазон между минимальным и максимальным уровнем воздействия факторов представляет собой предел толерантности экосистемы, т. е. тот диапазон изменения уровня воздействия, в пределах которого система способна за счет своих адаптационных возможностей противостоять изменяющему ее внутреннее состояние воздействию.

По мнению специалистов [9], оптимальной на современном этапе является четырехранговая оценочная структура, разработанная для экосистем [10]. Каждому интервалу, характеризующему реакцию живых организмов или экосистемы, должен соответствовать некоторый интервал, определяющий в заданных пределах изменение уровня внешнего воздействия. В этой же четырехранговой схеме уровень целесообразно градуировать в виде ряда воздействий: «слабое – умеренное – силь-

ное – опасное». В общем виде изложенный подход отражен в таблицах 2 и 3.

Нарушение равновесия эрозионно-аккумулятивных процессов при техногенной эволюции на территории бассейна вызывает изменения существующего баланса, которые проявляются в накоплении в водной системе органического и минерального вещества, в увеличении темпов осадконакопления и оказывают прямое ухудшающее влияние на состав донных отложений. Пики интенсивности осадконакопления сопровождаются пиками развития фитопланктонных сообществ и хорошо коррелируют с эрозионным поступлением органических и минеральных веществ [11]. При другом соотношении внешних факторов воздействие может иметь и улучшающий характер. Это особенно характерно для техногенно нагруженных территорий, когда эрозионный сток «разбавляет» загрязненные наносы, поступающие с сопредельных, как правило, высоко урбанизированных территорий.

Таблица 2 – Принципиальная схема взаимоувязанной оценки состояния окружающей среды и экосистемы [9]

| Оцениваемая система | Категория (уровень) | | | |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| | I | II | III | IV |
| Экосистема | Экологическая норма | Экологический риск | Экологический кризис | Экологическое бедствие |
| Литосфера и ее компоненты | Удовлетворительное состояние | Условно удовлетворительное состояние | Неудовлетворительное состояние | Катастрофическое состояние |
| Количество территориального ресурса | Высокое | Среднее (повышенное) | Пониженное | Низкое |
| Условия жизнедеятельности человека | Комфортные | Дискомфортные | Сильно дискомфортные | Опасные |
| Состояние здоровья человека | | | | |

Таблица 3 – Категории воздействий на окружающую среду по [9] с изменениями и дополнениями

| Оцениваемое воздействие | Категория (уровень) | | | |
|---|---------------------|-----------|---------|---------|
| | I | II | III | IV |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ресурсное воздействие | Слабое | Умеренное | Сильное | Опасное |
| Геодинамическое воздействие | Слабое | Умеренное | Сильное | Опасное |
| Геохимическое воздействие, в т. ч.: Загрязнение донных отложений | Слабое | Умеренное | Сильное | Опасное |
| Геофизическое воздействие | Слабое | Умеренное | Сильное | Опасное |

Это подтверждается нашими исследованиями по изучению загрязнения донных отложений рек тяжелыми металлами и мышьяком. Так, в районе г. Ногинска содержание кадмия в донных отложениях (фракция менее 20 мкм) реки Клязьмы выше города составляло в 2003 году 15,66 мг/кг, в городе – 11,43 мг/кг, ниже города 7,28 мг/кг, что обусловлено поступлением твердого «условно чистого» стока с территории города и нижележащих территорий (табл. 4). Авторы располагают многими подобными примерами. Методика изучения загрязнения донных отложений водных объектов изложена в [12].

Таблица 4 – Очищение донных отложений (фракция < 0,020 мкм) вследствие разбавления «чистым» эродируемым материалом

| № пп | Место отбора проб | Cd, мг/кг | Hg, мг/кг | Pb, мг/кг | Zn, мг/кг |
|------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | р. Клязьма, выше г. Ногинска, дер. Оселок, левый берег | 15,66 | 2,77 | 77 | 868 |
| 2 | р. Клязьма, г. Ногинск, мост, левый берег | 11,43 | 3,51 | 84 | 845 |
| 3 | р. Клязьма, ниже г. Ногинска, выше р. Шерны, левый берег | 7,28 | 1,86 | 61 | 603 |

Влияние пойменных земель на состояние водных объектов неоднозначно. С одной стороны, широкие поймы являются улучшающим фактором. Осаждая большинство взвешенных частиц в период половодья, они способствуют улучшению экологической обстановки ниже по течению. Такие примеры многочисленны, и в этом главная «улучшающая» роль пойм водных объектов. При аномальных паводках или аномальном эрозионном процессе загрязнители, накопившиеся на пойме, частично или полностью смываются и поступают в водоем. Такие события достаточно редки. Стандартный режим неширокой поймы обуславливает смыв с нее части загрязнителей в водный объект раз в несколько лет.

Интенсивное сельскохозяйственное использование пойменных земель нередко приводит к ухудшению экологической ситуации нижележащих водных экосистем, когда накопившиеся загрязняющие вещества поступают в водотоки. Это, прежде всего, характерно для сельскохозяйственных территорий, где влияние промышленных сточных и коммунальных вод весьма незначительно (табл. 5).

Таблица 5 – Загрязнение донных отложений (фракция < 0,020 мкм) материалом, эродируемым с пойменных земель

| № пп | Место отбора проб | Cd, мг/кг | Hg, мг/кг | Pb, мг/кг | Zn, мг/кг |
|------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | р. Клязьма, ниже г. Орехово-Зуева, правый берег | 9,54 | 0,65 | 59 | 411 |
| 2 | р. Клязьма, дер. Войнова гора, правый берег, ниже поймы | 10,56 | 0,87 | 75 | 517 |

Заключение

Состав и свойства донных отложений являются отражением всей совокупности процессов, происходящих на водосборе и в водоеме. В бассейнах с минимальным техногенным воздействием морфология склонов определяет транзит загрязнителей в пределах постоянных и временных водотоков. При наличии хорошо выделя-

емой поймы значительная часть загрязнителей может откладываться на последней в соответствующих погодных условиях, определяя тем самым очищающую ее роль. В аномальные годы высоких паводков, интенсивного снеготаяния и ливневых осадков отложившийся на пойме загрязненный грунт может поступать в водотоки, определяя пойму как источник поступления загрязнителей.

На территориях, в пределах которых ведется интенсивная хозяйственная деятельность, искусственно созданная морфология склонов определяет состояние бассейна. При квалифицированно выполненных противоэрозионных мероприятиях, сооружения обычно предохраняют водные бассейны от поступления в них загрязнителей. Отмечаются случаи уменьшения концентраций тяжелых металлов в донных отложениях за счет материала, поступившего с водосборной территории. При некавалифицированном отношении к противоэрозионным мероприятиям или при их отсутствии городские и поселковые агломерации, а также сельхозугодья являются источниками поступления загрязнителей в водотоки.

Список использованных источников

1. Барабанов, А. Т. Научные основы управления эрозионно-гидрологическим процессом / А. Т. Барабанов // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. – 2014. – № 1 (33). – С. 1–5.
2. Романова, Э. П. Опыт мелиоративного картирования эрозионноопасных местностей зарубежных территорий / Э. П. Романова // Оценка и картирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель. – М.: МГУ, 1973. – С. 46–50.
3. Гаршинев, Е. А. Эрозионно-гидрологический процесс. Теория и модели [Текст] / Е. А. Гаршинев. – Волгоград: ВНИАЛМИ. – 1999. – 196 с.
4. Мелиорация и водное хозяйство. Т. 6. Орошение: справочник / И. П. Айдаров, К. П. Арент, В. П. Баякина [и др.]; под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Колос, 1990. – 415 с.
5. Киселева, О. Е. Противоэрозионное обустройство склоновых земель в бассейнах малых рек на основе ГИС-технологий / О. Е. Киселева, Н. В. Коломийцев // Природообустройство. – 2010. – № 1. – С. 21–27.
6. Моделирование эрозионных процессов на территории малого водосборного бассейна / А.С. Керженцев, Р. Майснер, В.В. Демидов и др. – М.: Наука, 2006. – 224 с.
7. Окулик, Е. В. Эрозия почв и миграция химических веществ с талым стоком (на примере серых лесных почв). Автореферат дисс. Канд. Биол. Наук. – М.: 2006. – С. 25.
8. Ткачев, Б. П. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы: аналитический обзор / Б. П. Ткачев, В. И. Булатов; ГПНТБ СО РАН. – Новосибирск, 2002. – 114 с.
9. Экологические функции литосферы / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг, Т. А. Барабошкина [и др.]; под ред. В. Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 432 с.
10. Виноградов, Б. В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России / Б. В. Виноградов, В. А. Орлов, В. В. Снакин // Известия РАН. Серия географическая. – 1993. – № 5. – С. 77–89.
11. Мизандронцев, И. Б. Химические процессы в донных отложениях водоемов / И. Б. Мизандронцев. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1990. – 176 с.
12. Коломийцев, Н. В. Интегральные критерии для оценки экологического состояния донных отложений водных объектов / Н. В. Коломийцев, Т. А. Ильина // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009, – № 5. – С. 39–42.

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ УГЛИЧСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

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

Введение

Угличское водохранилище – водоем долинного типа, основные параметры которого при НПУ = 113,0 м следующие: площадь – 249 км²; объём – 1,2 км³; длина – 143 км; наибольшая ширина – 5 км; средняя глубина – 5 м; максимальная – 23 м. В Угличском водохранилище в 2001 году было отобрано 30 проб донных отложений, из которых 6 – в верхнем бьефе плотины, а также 9 проб на главных притоках, в 2006 году было отобрано 25 проб донных отложений, из которых 4 – в верхнем бьефе плотины. При анализе состояния донных отложений 2001 и 2006 годов сравнивались 25 проб. Плотность отбора проб не была равномерной, максимальная – вблизи крупных городов: Дубна, Кимры, Белый Городок, Калязин, Кашин.

Общие положения

В России наибольшее распространение получила оценка загрязнения почв и донных отложений тяжелыми металлами по *суммарному показателю загрязнения (Z_c или СПЗ)* [1]. Показатель является количественной мерой ассоциации химических элементов и представляет собой сумму превышений коэффициентов концентрации над единичным фоновым уровнем:

$$Z_c = \sum(C_i - C_{\phi}) / C_{\phi} = \sum K_c - (n - 1),$$

где K_c - коэффициент концентрации; n - число химических элементов, входящих в изучаемую ассоциацию; C_i - аномальное содержание элемента; C_{ϕ} - фоновое содержание.

В этом показателе суммируются все элементы, входящие в геохимическую ассоциацию, без подразделения на классы опасности. Одна и та же степень загрязнения по Z_c может быть вызвана различной комбинацией тяжелых металлов. Наглядным примером такого подхода может служить опубликованная в 1993 году «Карта загрязнения природной среды, почв Московской области» [2] где, например, одинаковый уровень загрязнения по Z_c выявлен для верховьев р. Рожайки (приток р. Пахры), для районов городов Воскресенска и Коломны в низовьях р. Москвы. Здесь необходимо отметить, что для первого из вышеперечисленных районов Z_c индекс образован **AgCuNiSn** группой (элементы расположены в порядке убывания превышений концентраций), для второго района Z_c индекс образован **SdLiPbSnAgBeCu** группой, а для третьего – **PbMoSnAgYnLiBi**. Дальнейшее сравнение таких химических элементов в группы для оценки совместного воздействия следует делать на основе либо общности их химических свойств, либо на основе их токсикологической опасности для живых организмов, или на основе специальных исследований.

Считаем целесообразным использовать более обоснованную величину: суммарный показатель токсичного загрязнения – СПТЗ [3]. Этот показатель разработан для оценки загрязнения химическими элементами почв и снежного покрова.

$$СПТЗ = \sum K_c K_T - (n - 1), K_c = C / C_{\phi},$$

где C - содержание элемента в изучаемой среде; C_{ϕ} - фоновое содержание (глобальный или региональный фон); K_T - коэффициент токсичности химического элемента; n - число учитываемых элементов.

При подсчете этой величины учитываются только те элементы, у которых $K_T > 2$. При оценке экологической ситуации по СПТЗ используется градация шкалы Ю.Е. Саета по СПЗ [1]. СПТЗ проявляет существенную зависимость от числа учитываемых элементов, поэтому при обследовании водных объектов их число должно быть постоянным. Анализ литературных материалов и наши исследования свидетельствуют о том, что наибольшую опасность для водных объектов, а, следовательно, для жизнедеятельности человека представляет загрязнение семью тяжелыми металлами (Cd, Hg, Pb, Zn, Cu, Cr, Ni) и As [5, 6]. Полагаем, что учет этих химических элементов должен проводиться независимо от показателя K_c каждого элемента [6].

С 1992 г. ВНИИГиМ проводил совместные исследования с Институтом геохимии окружающей среды Гейдельбергского университета по изучению загрязненности донных отложений различных водных объектов в бассейне Верхней Волги [5, 7, 8]. Опираясь на полученный за эти годы опыт, настоящие исследования были выполнены с целью оценки загрязнения донных отложений Угличского водохранилища. Они являлись составной частью российско-германского проекта «Волга – Рейн».

Методика

При отборе песчаные донные отложения отбраковывались, преимущество отдавалось глинистым разностям. Весьма показательными, на наш взгляд, являются результаты исследования пофракционного содержания тяжелых металлов на примере донных отложений рек Москвы и Оки в районе г. Коломны [9]. Для примера выбраны три пробы донных отложений, которые по гранулометрической классификации В.В. Охотина являются мелким песком (М2 – река Москва), тяжелой супесью (№ 22 – река Ока) и легкой супесью (№ 20 – река Ока). При валовом анализе пробы на содержание тяжелых металлов наименее загрязненным оказывается мелкий песок. При сравнении содержания тяжелых металлов в тонких фракциях проба № М2 идентифицируется как наиболее загрязненная. Последнее согласуется с результатами исследований, когда-либо проводившимися в районе Коломны, согласно которым река Москва по гидрохимическим и гидробиологическим показателям является более загрязненной, чем р. Ока.

Учет различий проб донных отложений по механическому составу является основополагающим методическим принципом [10], позволяющим не только оптимизировать их количество в соответствии с гидрологией и морфологией водного объекта. При стандартных исследованиях, когда анализируется только валовое содержание элементов в пробах, как правило, получается незакономерная картина загрязнения [11, 12]. В смежных точках обора на локальных участках содержание тяжелых металлов может отличаться в несколько раз. Отмечается и обратная картина загрязнения, а именно: «По длине исследуемого участка Волги наблюдается плавный рост содержания ТМ в ДО, начиная от Волгограда. Максимумы на кривых распределения приходятся на участки, где усиливаются процессы седиментации и накопления илистых фракций. Распределение ТМ в ДО в поперечном сечении реки на всех створах также зависит главным образом от типа грунта: содержание ТМ резко возрастает при переходе от песков к суглинкам.» [13, стр. 461].

В данных выводах отражено изменение гидродинамики потока и изменение суммарной удельной поверхности частиц отложений, а не их загрязнение тяжелыми металлами. Известно, что концентрация взвешенных веществ или загрязнителя по потоку от места сброса уменьшается по экспоненциальной зависимости. Кон-

центрации загрязняющих веществ, переносимых рекой (например, от Волгограда), по всем законам гидравлики должны уменьшаться по мере удаления от источника. Рост концентраций «возможен» лишь при вовлечении в выборку и сравнении различных по механическому составу донных отложений.

Основным исследованием было определение содержания в донных отложениях 11 тяжелых металлов (Cd, Hg, Pb, Zn, Cr, Co, Cu, Ni, Fe, Mn, Ag) и мышьяка (As). Определение концентраций химических элементов в выделенных фракциях проб донных отложений проводилось атомно-адсорбционным методом в Институте геохимии окружающей среды Гейдельбергского университета. Для оценки степени загрязнения донных отложений указанными элементами была использована методика оценки техногенного поступления элемента в природную среду на основе игео-классов Г. Мюллера [14]. Особо отметим, что в основе данной методики лежит принцип выделения из каждой пробы «сорбирующей» фракции < 0,020 мм. Грунтоведы и почвоведы России считают «физической глиной» фракцию менее 0,010 мм, а в Европе – менее 0,020 мм. Границы 0,020 мм и 0,010 мм в наших исследованиях представляются довольно условными [15].

Определение содержания химических элементов во фракции менее 0,020 мм является компромиссом между полным определением загрязнения и сравнимостью результатов при существенном упрощении подготовки проб донных отложений к анализам [14, 4]. Таким способом пробы, отобранные на различных участках водного объекта, приводятся к сравнимому грансоставу. В настоящее время в ФРГ и других странах ЕС промышленно выпускаются стандартизированные по DIN (стандарт ФРГ) лабораторные нейлоновые сита с размером ячеек 0,020 мм. Использование этих сит для выделения фракции мельче 0,020 мм упрощает методику подготовки проб донных отложений к анализам. Аккумуляцию тяжелых металлов донными отложениями рекомендуется оценивать с помощью «индекса геоаккумуляции», который характеризует относительную кратность загрязнения донных отложений (против природного фона) во фракциях грунта < 0,020 мм.

$$I\text{-geo}, n = \log_2 (C_n/1,5B_n),$$

где: **C_n** - измеренная концентрация элемента **n** в донных отложениях (фракция менее 0,020 мм); **B_n** - геохимическая фоновая концентрация элемента **n** по [16].

На основании этого уравнения донные отложения подразделяются на классы качества по каждому тяжелому металлу и мышьяку. Выражение **C_n/1,5B_n** по сути дела представляет собой коэффициент накопления, где фоновое значение дается с определенным запасом для учета всех возможных флуктуаций. Нулевой игео-класс соответствует незагрязненным донным отложениям, донные отложения с 1-м игео-классом классифицируются как незагрязненные до умеренно загрязненных, со 2-м игео-классом – как умеренно загрязненные, с 3-м игео-классом – как средне загрязненные, с 4-м игео-классом – как сильно загрязненные, с 5-м игео-классом – как сильно загрязненные до чрезмерно загрязненных, а с 6-м игео-классом – как чрезмерно загрязненные.

Результаты исследований и их обсуждение. Главными загрязнителями ДО Угличского водохранилища являются кадмий, цинк и ртуть. Изменение их содержания по направлению от Дубны до верхнего бьефа плотины в 2001 и 2006 гг. показано на рисунке 1.

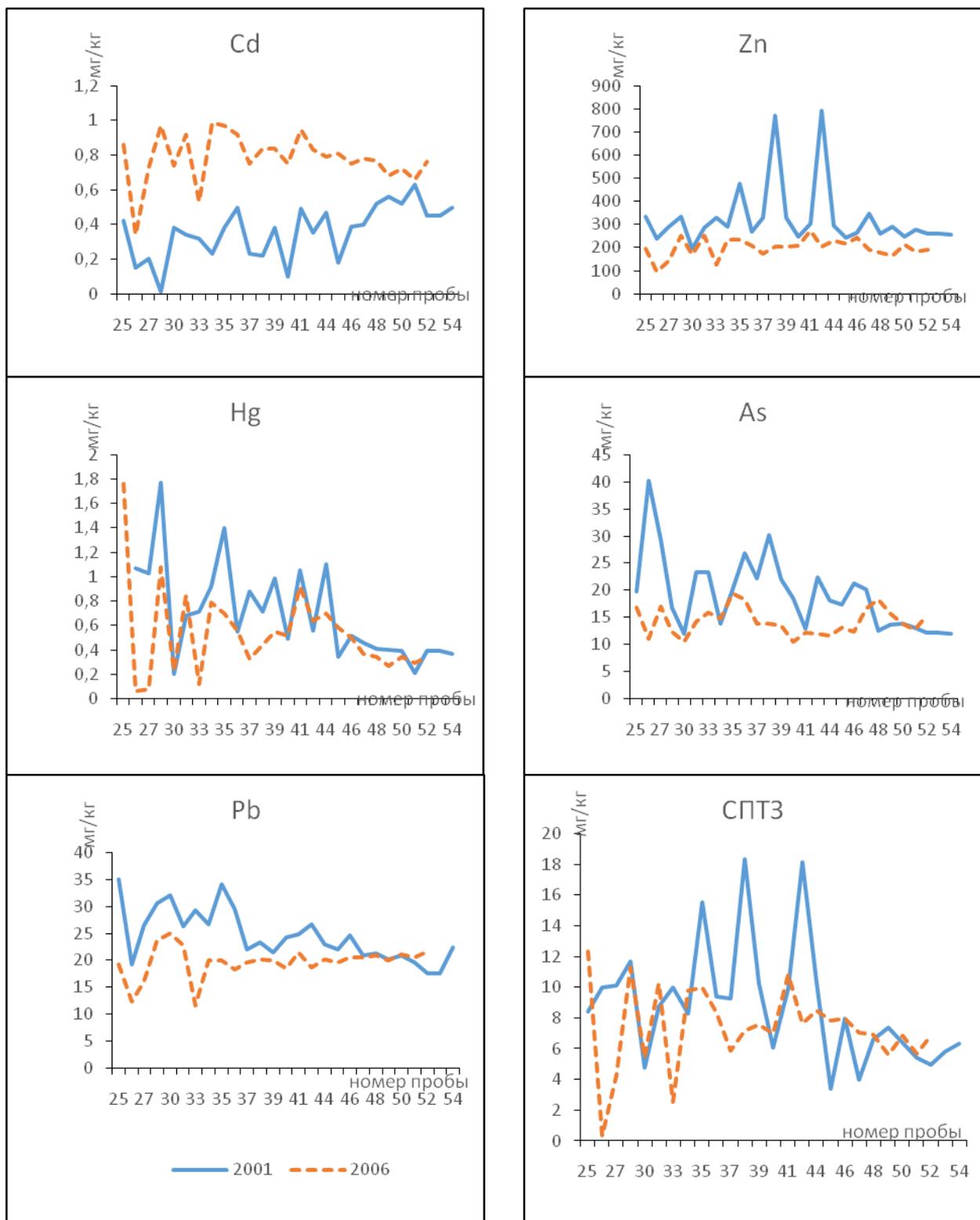


Рисунок 1- СПТЗ и содержание тяжелых металлов и мышьяка (мг/кг) в донных отложениях Угличского водохранилища (2001, 2006 гг.)

Из него видно, что содержание цинка в 2006 году на всей обследованной территории уменьшилось и кривая носит сглаженный характер по сравнению с 2001 годом. Кадмия в 2006 году в среднем стало вдвое больше. Наибольшее загрязнение ДО цинком, кадмием, ртутью и мышьяком отмечено на участке Дубна – Кимры – Белый Городок. Превышены фоновые значения по цинку (1-ый – 3-ий иgeo-классы); по ртути (2-ой иgeo-класс) и по мышьяку (1-ый иgeo-класс) [17]. В 2006

году отмечается постепенное снижение концентраций ртути и мышьяка вниз по течению от Дубны до Углича. В верхнем бьефе плотины их содержание находится на уровне фоновых значений. За период наблюдений содержание тяжелых металлов и суммарный показатель токсичного загрязнения практически не меняются.

В 2001 году наблюдались разбросы значений тяжелых металлов по точкам опробования. В 2006 году картина загрязнения существенно изменилась. За счет перераспределения ДО по площади водохранилища ситуация выглядит более однородной. Характерной природной особенностью ДО Угличского водохранилища является повсеместное повышенное содержание марганца, которое может быть охарактеризовано 1-м и 2-м игео-классами. Как в 2001, так и в 2006 гг. оно сохранялось на высоком уровне, например, в верхнем бьефе плотины – на уровне 2-го игео-класса.

Для рассматриваемых семи тяжелых металлов и мышьяка был рассчитан СПТЗ в каждой точке опробования. В таблице 1 приведены результаты определения загрязненности донных отложений в сопоставимых точках опробования и рассчитанное значение СПТЗ. Почти во всех точках Угличского водохранилища СПТЗ не превышает 16-ти. По шкале Ю.Е. Саета [2] загрязненность донных отложений водохранилища и ряда притоков оценивается как допустимая, но в некоторых точках наблюдается его повышенное значение за счет цинка в 2001 году. В 2006 году содержание ТМ и мышьяка в ДО водохранилища в целом оценивается по СПТЗ как допустимое. В верхнем бьефе плотины содержание ТМ и мышьяка в ДО, оцениваемое по СПТЗ, в 2001 и 2006 годах остается практически неизменным.

Таблица 1 - СПТЗ и содержание тяжелых металлов (мг/кг) и мышьяка в донных отложениях Угличского водохранилища (2001, 2006 гг.)

| № п/п | Год взятия пробы | № пробы | ТМ и мышьяк, мг/кг | | | | | | | | СПТЗ |
|-------|------------------|---------|--------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | Cd | Hg | Pb | Zn | Cu | Cr | Ni | As | |
| 1 | 2001 | 25 | 0,42 | -- | 35,1 | 331,9 | 36,3 | 67,8 | 37,2 | 19,7 | 8,42 |
| | 2006 | 24 | 0,86 | 1,76 | 19,25 | 194,5 | 37,75 | 58,12 | 35,63 | 16,76 | 12,34 |
| 2 | 2001 | 26 | 0,15 | 1,07 | 19,2 | 240,1 | 37,9 | 65,0 | 54,3 | 40,2 | 9,99 |
| | 2006 | 25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 2001 | 27 | 0,20 | 1,03 | 26,5 | 288,9 | 39,2 | 71,1 | 44,0 | 29,2 | 10,09 |
| | 2006 | 26 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | 2001 | 29 | 0,01 | 1,77 | 30,6 | 336,0 | 41,1 | 75,1 | 49,2 | 16,8 | 11,68 |
| | 2006 | 27 | 0,97 | 1,08 | 23,7 | 253,8 | 40,46 | 62,49 | 37,22 | 12,31 | 11,25 |
| 5 | 2001 | 30 | 0,38 | 0,20 | 32,1 | 196,2 | 37,7 | 68,4 | 45,2 | 11,9 | 4,79 |
| | 2006 | 28 | 0,74 | 0,23 | 25,03 | 169,4 | 38,95 | 61,47 | 37,47 | 10,49 | 5,41 |
| 6 | 2001 | 32 | 0,34 | 0,68 | 26,3 | 285,4 | 39,5 | 69,1 | 46,5 | 23,3 | 8,75 |
| | 2006 | 30 | 0,92 | 0,85 | 22,76 | 250,0 | 39,10 | 64,02 | 37,86 | 14,22 | 10,23 |
| 7 | 2001 | 33 | 0,32 | 0,71 | 29,3 | 329,1 | 50,1 | 73,3 | 50,5 | 23,3 | 9,99 |
| | 2006 | 31 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | 2001 | 34 | 0,23 | 0,92 | 26,6 | 290,9 | 42,6 | 75,5 | 47,5 | 13,8 | 8,25 |
| | 2006 | 32 | 0,99 | 0,79 | 20,06 | 232,2 | 38,93 | 57,57 | 34,70 | 14,74 | 9,79 |
| 9 | 2001 | 35 | 0,38 | 1,40 | 34,1 | 475,5 | 57,6 | 83,4 | 52,0 | 20,1 | 15,51 |
| | 2006 | 33 | 0,97 | 0,70 | 19,93 | 232,8 | 40,68 | 58,43 | 37,31 | 19,43 | 9,97 |
| 10 | 2001 | 36 | 0,50 | 0,55 | 29,4 | 267,1 | 40,5 | 72,0 | 44,5 | 26,8 | 9,42 |
| | 2006 | 34 | 0,92 | 0,56 | 18,24 | 208,7 | 35,03 | 56,08 | 34,84 | 18,33 | 8,38 |

| <i>Продолжение таблицы 1</i> | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------|-----------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 11 | 2001 | 37 | 0,23 | 0,88 | 22,1 | 330,0 | 43,6 | 77,3 | 36,9 | 22,2 | 9,25 |
| | 2006 | 35 | 0,75 | 0,33 | 19,67 | 174,9 | 37,13 | 61,15 | 39,79 | 13,8 | 5,89 |
| 12 | 2001 | 38 | 0,22 | 0,71 | 23,4 | 771,7 | 125,0 | 79,5 | 35,5 | 30,2 | 18,33 |
| | 2006 | 36 | 0,84 | 0,44 | 20,17 | 202,9 | 36,36 | 60,24 | 37,99 | 13,75 | 7,19 |
| 13 | 2001 | 39 | 0,38 | 0,99 | 21,4 | 329,0 | 39,0 | 75,9 | 37,4 | 22,1 | 10,21 |
| | 2006 | 37 | 0,84 | 0,55 | 20,02 | 203,9 | 35,63 | 63,01 | 37,65 | 13,39 | 7,56 |
| 14 | 2001 | 40 | 0,10 | 0,49 | 24,3 | 246,8 | 61,1 | 84,3 | 41,1 | 18,5 | 6,07 |
| | 2006 | 38 | 0,75 | 0,52 | 18,55 | 209,3 | 47,2 | 68,12 | 38,01 | 10,42 | 6,96 |
| 15 | 2001 | 41 | 0,49 | 1,05 | 24,8 | 302,7 | 42,3 | 78,7 | 39,4 | 13,0 | 9,90 |
| | 2006 | 39 | 0,95 | 0,92 | 21,48 | 273,0 | 43,02 | 65,11 | 39,85 | 12,23 | 10,80 |
| 16 | 2001 | 42 | 0,35 | 0,56 | 26,6 | 792,5 | 167,0 | 78,0 | 39,6 | 22,3 | 18,11 |
| | 2006 | 40 | 0,83 | 0,64 | 18,71 | 204,6 | 39,72 | 57,08 | 38,00 | 11,94 | 7,63 |
| 17 | 2001 | 44 | 0,47 | 1,10 | 22,9 | 294,4 | 41,9 | 74,8 | 42,0 | 18,2 | 10,32 |
| | 2006 | 42 | 0,79 | 0,70 | 20,27 | 231,4 | 42,85 | 71,21 | 46,54 | 11,68 | 8,51 |
| 18 | 2001 | 45 | 0,18 | 0,34 | 22,0 | 243,3 | 42,9 | 76,1 | 55,7 | 17,3 | 3,39 |
| | 2006 | 43 | 0,81 | 0,58 | 19,66 | 216,1 | 38,45 | 65,75 | 42,21 | 13,08 | 7,81 |
| 19 | 2001 | 46 | 0,39 | 0,52 | 24,6 | 265,8 | 42,8 | 75,8 | 50,9 | 21,2 | 7,93 |
| | 2006 | 44 | 0,75 | 0,50 | 20,53 | 243,9 | 45,83 | 73,41 | 47,97 | 12,41 | 7,98 |
| 20 | 2001 | 47 | 0,40 | 0,46 | 20,9 | 347,4 | 49,5 | 77,9 | 53,5 | 20,1 | 3,96 |
| | 2006 | 45 | 0,78 | 0,37 | 20,63 | 189,1 | 38,09 | 66,7 | 47,46 | 16,64 | 7,03 |
| 21 | 2001 | 48 | 0,52 | 0,41 | 21,3 | 259,0 | 41,7 | 64,5 | 43,6 | 12,6 | 6,57 |
| | 2006 | 46 | 0,77 | 0,34 | 20,94 | 178,8 | 38,06 | 67,77 | 46,89 | 18,34 | 6,92 |
| 22 | 2001 | 49 | 0,56 | 0,40 | 20,2 | 290,6 | 45,3 | 65,1 | 44,0 | 13,6 | 7,35 |
| | 2006 | 47 | 0,68 | 0,27 | 19,97 | 166,9 | 37,62 | 65,62 | 47,66 | 15,67 | 5,62 |
| 23 | 2001 | 50 | 0,52 | 0,39 | 21,0 | 248,2 | 40,9 | 63,1 | 43,9 | 13,9 | 6,37 |
| | 2006 | 48 | 0,72 | 0,34 | 21,09 | 213,0 | 41,27 | 71,11 | 49,84 | 13,76 | 6,84 |
| 24 | 2001 | 51 | 0,63 | 0,21 | 19,7 | 279,2 | 42,4 | 64,2 | 47,6 | 13,1 | 5,42 |
| | 2006 | 49 | 0,66 | 0,29 | 20,49 | 183,5 | 40,48 | 66,58 | 50,42 | 12,66 | 5,67 |
| 25 | 2001 | 52 | 0,45 | 0,39 | 17,6 | 261,3 | 41,4 | 64,5 | 43,9 | 12,1 | 4,94 |
| | 2006 | 50 | 0,76 | 0,34 | 21,70 | 188,9 | 44,29 | 65,31 | 46,46 | 15,39 | 6,84 |

- нет данных

Заключение

На примере донных отложений Угличского водохранилища были применены методики, позволяющие корректно оценивать загрязнение донных отложений тяжелыми металлами и мышьяком на его различных участках. Загрязнение донных отложений оценено по степени насыщенности тяжелыми металлами и мышьяком фракции «физической глины», выполнено сравнение загрязнения по одним и тем же пунктам опробования в различные годы. Отмечены изменения загрязнения донных отложений за период наблюдений, во всех точках наблюдается превышение концентраций кадмия и цинка над фоновыми значениями. В качестве интегрального показателя загрязнения донных отложений рекомендовано применять суммарный показатель токсичного загрязнения (СПТЗ). В расчете СПТЗ обосновано применение постоянного набора элементов в каждой точке опробования, а их учет должен проводиться независимо от коэффициента концентрации (K_c) каждого элемента. Его рассчитанные значения позволили оценить состояние донных отложений водохранилища как допустимое.

Данные, приведенные в статье, могут служить основой, как для изучения загрязненности донных отложений, так и для принятия решений по реализации природоохранных мероприятий, направленных на снижение поступления тяжелых металлов и мышьяка в водохранилища долинного типа с поверхностными и сточными водами с сопредельных городских территорий и сельхозугодий.

Список использованных источников

1. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саев, Б.А. Ревич, Е.П. Янин. М.: Недра, 1990. 335 с.
2. Карта загрязнения природной среды Московской области масштаба 1: 350000 (издание первое). М.: Изд-во «Луч», 1993.
3. Методические рекомендации по оценке загрязнения городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами / В.А. Большаков, Ю.Н. Водяницкий, Т.И. Борисочкина, З.Н. Кахнович, В.В. Мясников. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 1999. 32 с.
4. Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 2000. 432 с.
5. Коломийцев Н.В. Комплексная оценка уровней техногенных воздействий на водные объекты / Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский // Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 5-6. С. 56-62.
6. Коломийцев Н.В. Интегральные критерии для оценки экологического состояния донных отложений водных объектов / Н.В. Коломийцев, Т.А. Ильина // Мелиорация и водное хозяйство. 2009. № 5. С. 39-42.
7. Коломийцев Н.В. Тяжелые металлы в донных отложениях озера Селигер / Н.В. Коломийцев, Т.А. Ильина, О.Е. Киселева, Г.Н. Иванов // Мелиорация и водное хозяйство. 2006. № 5. С. 21 - 25.
8. Кочарян А.Г. Содержание микроэлементов в донных отложениях Верхней Волги (от Верхневолжских озер до Ивановского водохранилища) / А.Г. Кочарян, Г.Ю. Толкачев, Н.В. Коломийцев // Мелиорация и водное хозяйство. 2006. № 5. С. 25-27.
9. Техногенное загрязнение речных экосистем / Под ред. В.Е. Райнина и Г.Н. Виноградовой. М.: Научный мир, 2002. 140 с.
10. Ackermann F. A Procedure for Correcting the Grain Size Effect in Heavy Metal Analysis // Environmental Technology, 1980, lett.1, p. 518 - 527.
11. Янин Е.П. Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек (состав, особенности, методы оценки). М.: ИМГРЭ, 2002. 52 с.
12. Косов В.И. Концентрации тяжелых металлов в донных отложениях Верхней Волги / В.И. Косов, Г.Н. Иванов, В.В. Левинский, Е.В. Ежов // Водные ресурсы. 2001. Т. 28. № 4. С. 448-453.
13. Бреховских В.Ф. Тяжелые металлы в донных отложениях верхней и нижней Волги / В.Ф. Бреховских, З.В. Волкова, Д.Н. Катунин, В.Д. Казмирук, Т.Н. Казмирук, Е.В. Островская // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. № 5. С. 587-595.
14. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins - Veraenderungen seit 1971 // Umschau 79, 1979, H.24, S. 778-783.
15. Воронин А.Д. Основы физики почв: Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1986. 244 с.
16. Turekian K.K., Wedepohl K.H. Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust // Geological Society of America, Bulletin, 1961, Vol. 72, p. 175-192.
17. Коломийцев Н.В. Распределение тяжелых металлов и мышьяка в донных отложениях Угличского водохранилища / Н.В. Коломийцев, Т.А. Ильина // Мелиорация и водное хозяйство. 2008. № 6. С. 10 - 13.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ**Р.Б. Кротов, Ю.П. Добрачев**

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

Обоснование размещения объектов водных мелиораций и их водоресурсного обеспечения строится на принципах рационального использования земель и водных ресурсов, эффективного вложения средств в развитие АПК. К обязательным аспектам обоснования размещения объекта в границах региона, представляющего интерес для экономического развития АПК, относятся:

1. Сбор и анализ данных регионального уровня по водным объектам и землепользованию. Определение основных характеристик имеющихся ресурсов поверхностных и подземных вод, а также локализации допустимых мест и объемов водозабора и сброса дренажных вод водопользователями АПК, установленных СКИОВО.

2. Локализация территорий, перспективных для реконструкции, технического перевооружения и нового строительства гидромелиоративных систем в границах водохозяйственного участка.

3. Расчет оросительных норм сельскохозяйственных культур, объемов и режима водопотребления и водоотведения для мелиорируемых земель для каждого объекта гидромелиорации с учетом его местоположения относительно водоисточников.

4. Оценка энергетических затрат на подачу воды от водоисточника до объекта мелиорации и отвода дренажного стока до водовыпуска.

5. Районирование территории водохозяйственного участка (ВХУ) по критериям доступности водных ресурсов, допустимых объемов водозабора из водного объекта и затрат на доставку воды от водоисточника до орошаемого поля, а также по пригодности земель сельскохозяйственного назначения для оросительных мелиораций и их потребности в орошении.

Показателем рационального выбора места размещения орошаемых земель в границах водосбора потенциального источника водных ресурсов может служить такая характеристика как «энергетическая доступность водных ресурсов». С одной стороны, доступные для использования водные ресурсы определяются в СКИОВО на основании водохозяйственных расчетов и балансов, в которых учитываются все возможные для использования водные ресурсы (поверхностные и подземные) и требования к воде со стороны водопользователей, использующих воду с изъятием части стока из водных объектов и без изъятия. С другой стороны, для оросительных мелиораций режим изъятия воды на полив определяется потребностью сельскохозяйственных культур в основном в течение поливного сезона, продолжительностью 3-4 месяца. Выделенные для орошения в границах речных бассейнов, подбассейнов квоты на изъятие воды могут быть полностью использованы за поливной сезон, в случае забора воды из водохранилища, и только часть - в случае забора воды из русла реки по причине экологических ограничений на режим стока реки в летний период. Таким образом, водохранилище для обеспечения водой гидромелиоративной системы может оказаться предпочтительней по двум причинам: благо-

даря регулированию расхода воды на орошение в весенне-летний период и за счет меньшей разницы отметок водозабора и орошаемой территории.

Под энергетической доступностью водных ресурсов, изымаемых из водоисточника для орошения, будем понимать минимальные энергозатраты по переносу единицы массы воды от водоисточника до распределительной сети оросительной системы с учетом следующих факторов:

- разницы уровней геодезических отметок поверхности воды в водоисточнике в месте водозабора и водопроводящей распределительной сети оросительной системы;

- кратчайшего расстояния от водозабора до входа в водораспределительную сеть;

- гидравлического сопротивления перемещению воды от водозабора до водораспределительной сети со скоростью движения потока 1,1-1,2 м/сек по металлическому трубопроводу, обеспечивающего максимальное экологически допустимое изъятие воды из источника в единицу времени в течение поливного сезона с помощью насосной станции с КПД равному 0,6.

В работе [1] рассматривается простая гидравлическая схема расчета затрат энергии на механическую подачу воды из источника на массив орошения по заданной трассе водовода. На основании укрупнённых показателей рассчитаны параметры системы «головная насосная станция — водовод», обеспечивающие минимум энергетических затрат на доставку воды водопотребителю.

Удельный показатель энергетических затрат по доставке единицы объема воды \mathcal{E}_y можно определить, как отношение затрат энергии к объему перекачиваемой воды:

$$\mathcal{E}_y = \mathcal{E}/(Q \cdot t) = [\text{Дж}/\text{м}^3], \quad (1)$$

где \mathcal{E} – затраты энергии, Дж/м³; Q – расход воды в трубопроводе, м³/сек; t – время, сут.

Для выполнения расчетов по затратам энергии на доставку воды от водоисточника до сельскохозяйственных полей требуется сразу учесть максимальный расход Q_{\max} , соответствующий экономический диаметр магистрального трубопровода $D_{\text{эк}}$ и потери напора в металлическом трубопроводе для потока с заданной скоростью v , обеспечивающей требуемый расход. В этом случае расчетная формула имеет вид:

$$\mathcal{E}_y = k \cdot S \cdot v \cdot (\Delta H_{\Gamma} + A \cdot L) / (Q \cdot \eta), \quad (2)$$

где k – размерностный коэффициент пропорциональности 9.8/1000 кДж; S – внутреннее сечение трубы, м²; v – скорость движения воды, м/сек; Q – расход воды в трубопроводе, м³/сек; η – коэффициент полезного действия насосной станции, безразмерный, принимается равным 0,6; ΔH_{Γ} – геодезическая разница высоты подъема воды, м; A – удельная величина потерь напора, м/м длины трубы; L – длина трубы, м.

При оценочных расчетах энергетических затрат на транспортировку воды к гидромелиоративной системе для определения значений параметров трубопровода (Q , D , v , A) можно использовать табличные данные, взятые из гидравлических справочников [2]. Эти параметры выбираются по величине максимального расхода воды в трубопроводе, которая в свою очередь имеет ограничение по скорости потока, и максимально допустимым объемам изъятия воды из источника за поливной сезон. Следовательно, удельные энергетические затраты на подачу воды от водо-

источника характеризуют не только перепад высот, протяженность водовода, но и гидрологические и ресурсные параметры водоисточника.

Рассмотрим пример расчета удельных энергетических затрат по формуле (2), таблица 1.

Таблица 1 – Результаты расчета удельной энергии Эу транспортировки воды по стальному трубопроводу длиной 1000 м, в зависимости от перепада высот и диаметра трубы (при скорости потока $\approx 1,2$ м/сек).

| D, мм | Параметры трубопровода [2] | | | | Перепад высот ΔH , м | | | |
|----------|----------------------------|-------------------|----------------------|--------|------------------------------|-------|-------|-------|
| | A, м/м | S, м ² | Q, м ³ /с | v, м/с | 10 | 20 | 30 | 40 |
| 200 | 0,00944 | 0,03 | 0,038 | 1,21 | 0,180 | 0,481 | 0,644 | 0,808 |
| 300 | 0,00564 | 0,07 | 0,085 | 1,2 | 0,255 | 0,418 | 0,581 | 0,744 |
| 500 | 0,0032 | 0,20 | 0,240 | 1,2 | 0,212 | 0,372 | 0,532 | 0,693 |
| 600 | 0,0024 | 0,28 | 0,350 | 1,2 | 0,196 | 0,355 | 0,513 | 0,671 |
| 700 | 0,0019 | 0,38 | 0,462 | 1,2 | 0,194 | 0,358 | 0,521 | 0,684 |
| 800 | 0,00163 | 0,50 | 0,598 | 1,19 | 0,190 | 0,353 | 0,517 | 0,680 |
| 900 | 0,0015 | 0,64 | 0,763 | 1,2 | 0,188 | 0,351 | 0,515 | 0,678 |
| 1000 | 0,0013 | 0,79 | 0,942 | 1,2 | 0,185 | 0,348 | 0,511 | 0,675 |
| 1200 | 0,00105 | 1,13 | 1,357 | 1,2 | 0,180 | 0,344 | 0,507 | 0,670 |
| 1600 | 0,00088 | 2,01 | 2,413 | 1,2 | 0,178 | 0,341 | 0,504 | 0,668 |

Примечание: Эу – затраты удельной энергии, Дж/м³; D – диаметр трубопровода, мм; A – потери напора, м/м; Q – расход, м³/с; v – скорость потока, м/с

По данным таблицы 1 для всех перепадов высот и диаметров труб рассчитаем длину каждого водовода, при которой удельные затраты на транспортировку будут равными некоторой величине, например, $\text{Эу} = 0,808$ Дж/м³. Результаты расчетов показывают, что расстояние, на которое может быть доставлен 1 м³ воды с удельными затратами 0,808 Дж/м³, изменяется в пределах от одного до 50 км. Эти данные были использованы для получения уравнения регрессии, позволяющей в границах изменения диаметров водовода, перепада высот и расстояния до водоисточника, при скорости потока близкой к 1,2 м/сек, рассчитывать удельные энергетические затраты, не обращаясь к гидравлическим таблицам.

Найденное уравнение, с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,99$ имеет вид:

$$\text{Эу} = - 0,0722 + 0,0186 * \Delta H + 1,935e^{-6} * L/Q, \quad (3)$$

где обозначения были приведены в формуле (2).

Районирование изучаемой территории по показателю энергетической доступности может быть выполнено с разной степенью детализации в зависимости от этапа решаемой задачи. На начальных этапах анализа основных пространственно распределенных региональных факторов ресурсного обеспечения водоемких объектов АПК, районирование выполняется на основе морфометрических характеристик рельефа участков водосбора реки, расположенных в различных по геоморфологическим характеристикам местностях [3].

В пределах местности площадь водосборного участка, а также протяженность реки, протекающей по этой территории, может быть определена по космоснимкам. Они позволяют оценить среднее расстояние от водоисточника до водораздела. Значения геодезических уровней воды в реке (в меженьный период) определяются по топографической карте. Топографические характеристики рельефа водосборного участка (высота поверхности, глубина расчленения, густота эрозионной сети, ши-

рина междуречий и др.) можно найти в таблицах морфометрического описания местности, на основании которых можно оценить усредненные показатели геометрических характеристик водотока для подачи воды на водораздельное плато - наиболее подходящее место для размещения орошаемого массива, - и оценить энергетическую доступность водных ресурсов.

Для водосборных участков р. Проня, в её верхнем, среднем и нижнем течении приведены результаты расчетов энергетической доступности воды, таблица 2.

Таблица 2 - Энергетическая доступность воды для орошения земель, расположенных на границе водораздельного плато.

| Местность в бассейне р.Проня | Параметры рельефа | | | | Труба D, мм | Расход Q, м ³ /сек | Энергетич. доступность, дж/м ³ |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|----------------|-------------------------------------|--|
| | Н _{пов-ти} , м | Н _в , м | L _{мин} , км | L _{макс} , км | | | |
| Верхнепронская | 145 | 115 | 0,5 | 1 | 300 | 0,085 | 0,590-0,602 |
| Новомичуринск.водохранилище | ВБ | 111 | 1 | 2 | 900 | 0,763 | 0,395-0,398 |
| | НБ | 136 | | | 500 | 0,24 | 0,624-0,632 |
| Нижнепронская | 112 | 89 | 1 | 1.5 | 500 | 0,24 | 0,364-0,368 |

Примечание: Отметка средней высоты плато Н_{пов-ти}, отметка меженного уровня реки Н_в; диапазон удаленности плато от русла реки {L_{мин} L_{макс}} оценены по морфометрическим параметрам местностей в различных участках бассейна р. Проня [3]

Выполнение требований по оптимальному размещению гидромелиоративных систем на основании энергетической оценки доступности водных ресурсов предполагает, что затраты на доставку воды от источника до мелиорируемых сельскохозяйственных угодий будет минимальной для конкретных условий принадлежности водного объекта водосбору, ландшафту, территории региона с характерным рельефом и другими природными условиями [4]. Алгоритм расчета пространственно распределенного показателя доступности формируется таким образом, что расчетная величина затрат является минимальной для любой (реализуемой) траектории прокладки трассы.

Вычислительный алгоритм построен таким образом, что расчет по уравнению (3) начинается с участка русла у замыкающего створа и далее ведется по узлам геодезических отметок берега, расположенных непосредственно вдоль русла с некоторым шагом, зависящим от масштаба карты. Такие вычисления выполняются последовательно, по элементам, с соблюдением соседства узлов для всей полосы одного и другого берега реки, а затем расчет повторяется для следующего слоя. Значения энергетической доступности возрастают по мере удаленности от русла реки и с повышением высоты берега.

Для заданного участка реки и фиксированного орошаемого массива в пределах границы соответствующей водосборной территории наносятся линии (изоэнергосты) с одинаковой величиной энергетических затрат на транспортировку воды. Там, где линии изоэнергосты пересекутся с границами орошаемого массива, можно оценить стоимость подачи единицы объема поливной воды допустимой для изъятия из данного водного объекта.

Таким образом, энергетическая оценка доступности оросительной воды учитывается:

- пространственную возможность размещения водозабора на водном объекте;
- максимально допустимый объем забора водных ресурсов и максимальный расход воды в трубопроводе либо канале;
- морфометрические характеристики участка водосбора, на котором размещается гидромелиоративная система.

Районирование территории по энергетическому показателю является полезной информационной характеристикой потенциального обеспечения водными ресурсами территории региона, водохозяйственного участка, водосбора или агроландшафта.

Список использованных источников

1. Брайнин, А.Л. Определение оптимального места расположения водозабора для орошаемого массива [Текст] / А.Л. Брайнин, А.Л. Бубер, Ю.П. Добрачев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 4. – С. 27 – 31.

2. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета: Стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. Изд. 5-е доп. [Текст] / Ф. А. Шевелев. // М.: Книга по Требованию, 2013. – 116 с.

3. Кривцов, В.А., Природный потенциал ландшафтов Рязанской области. [Текст] / В.А. Кривцов, С.А. Тобретов, А.В. Водорезов, М.М. Комаров, О.С. Железнова, Е.А. Соловьева// Рязань 2011. - 526 с.

4. Добрачев, Ю.П. Методические подходы к обоснованию развития и размещения водных мелиораций с учетом требований комплексного использования и охраны водных объектов [Текст]/ Ю.П. Добрачев, А.Л. Бубер, Г.Н. Суханов // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства в России: материалы международной конференции. – М.: ВНИИГиМ, 2013.

УДК 631.6:631.445.53:631.821.2

ФИЛЬТРУЮЩИЕ РЫБОЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И УСТРОЙСТВА

И.А. Лапина¹, А.С. Териков¹, Т.Е. Хецуриани^{1,2}, Е.Д. Хецуриани^{1,2}, Щукин С.А.¹

¹Южно-Российский ГПУ (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия;

²Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

Фильтрующие рыбозащитные сооружения и устройства представляют многообразную, распространенную группу конструкций, к которым относятся объёмные фильтры в виде:

- панелей из фильтрующего материала (порозластовые фильтры);
- кассет с фильтрующим наполнителем (керамзитом, пластмассовыми шариками, щебнем и др.);
- каменно-набросных дамб и т.д.

Предлагаем более подробно рассмотреть некоторые конструкции:

1. Объёмные фильтры в виде панелей из фильтрующего материала (порозластовые фильтры)

Порозласт - это блочный материал, состоящий из инертных наполнителей (керамзита, гравия и др.) и полимерного связующего. Для рыбозащитных сооружений порозластовые плиты изготавливают из гравия, крупность которого варьируется в

пределах 10-20 мм (10-12, 12-14, 14-16 и 16-20), в зависимости от производительности водозабора и допустимых подходных скоростей потока [1, 5].

Рассматриваемые рыбозащитные сооружения с порозластовыми фильтрами выполняются как плавающими, так и стационарными. Компоновка фильтров производится в зависимости от условий водозабора. Эксплуатация порозластовых фильтрующих элементов требует соблюдения некоторых правил:

- Промывку элементов необходимо осуществлять не менее одного раза в месяц сжатым воздухом, гидравлическими промывными «флейтами», обратным током воды, и т.д.;

- при обрастании моллюсками фильтрующие элементы не реже одного раза в 15-20 суток извлекаются на поверхность, просушиваются и очищаются;

- на зимний период порозластовые фильтрующие элементы необходимо извлекать из воды, за исключением случаев, предусмотренных проектом;

- резервные порозластовые элементы следует хранить в закрытом помещении на расстоянии не менее 1 м от отопительных приборов [2].

2. Объёмные фильтры в виде кассет с фильтрующим наполнителем

Фильтрующие кассеты представляют собой пространственную раму со стенками, наполненную фильтрующим материалом. В качестве фильтрующего материала преимущественно используется щебень, керамзит. Кассеты бывают насыпными и панельными, они устанавливаются в пазы быков, таким образом заграждая путь рыбе к водоприёмникам. Панельные фильтрующие кассеты удобны и надежны в эксплуатации, а разнообразие конструкций позволяет использовать их в самых различных условиях, в отличие от насыпных.

Для борьбы с кольматацией, засорением и обрастанием кассет, необходимо их фильтрующий материал промывать и просушивать не реже 1 раза в месяц, что является основной сложностью в использовании фильтрующих кассет. Промывка кассеты осуществляется после подъема на откос в надводном положении из напорного шланга, при сильном обрастании и кольматации фильтрующий материал заменяется [4].

В настоящее время получают широкое распространение насыпные фильтрующие кассеты с наполнителем в виде пластмассовых шариков из полиэтилена диаметром 10-40 мм. Пластмассовые шарики могут иметь как отрицательную, так и положительную плавучесть, что позволяет уменьшить вес и увеличить размеры кассеты (до 2x4 м), их применение облегчает промывку, а кассеты в меньшей степени обрастают и кольматируются. Применение кассет с наполнителем из пластмассовых шариков позволяет разнообразить компоновочные решения водозаборов.

3. Объёмные фильтры в виде каменно-набросных дамб

Фильтрующая дамба представляет собой более простое и материалоемкое сооружение из наброски. В отличие от насыпных панельные фильтрующие кассеты являются удобными и надежными в эксплуатации, а разнообразие конструкций позволяет их использовать в самых разных условиях [2, 3].

Напорная дамба состоит из двух частей: напорной из каменной наброски и глухой из малопроницаемых грунтов (суглинка, глины) или непроницаемых материалов (тканевых материалов, бетона, металла, и др.).

Дамба работает как в напорном, так и в безнапорном режиме, в зависимости от уровня воды в верхнем бьефе. В зависимости от типа водоприемной части, дамба может выполняться соединенной с водоприемным бассейном, с дренай-водоводом, и без дрен при подаче воды в открытый канал.

Выводы

По своей специфике каждый из рассмотренных вариантов, несомненно, имеет ряд достоинства, но в условиях конкретного проекта отдельной технологической задачи придается приоритетное значение варианту, удовлетворяющему всем технологическим требованиям.

Список использованных источников

1. Справочное пособие к СНиП-2.04.02-84 .1989г
2. Фильтрующие рыбозащитные сооружения и устройства коммунальных и промышленных водозаборов /Вдовин Ю.И., Анисимов А.В., Симакин В.И. и др.; Пенз. гос. ун-т. - Пенза-Ухта, 2002. - 197 с.
3. Михеев П.А. Защита молоди рыб при водозаборе: Учеб.пособие для вузов /НГМА. - Новочеркасск, 2004. - 112 с.
4. Павлов Д.С., Пахоруков А.М. Биологические основы защиты молоди рыб от попадания в водозаборные сооружения. - 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. - 264 с.
5. Петрашкевич В.В. Рыбозащитные сооружения водозаборов //Эколого- градиентные компоненты механизма защиты: Обзор отеч. и зарубежного опыта и технические решения. - М., 1992. - 148 с.

УДК 556.18

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И СТИХИЙНЫЕ БЕДСТВИЯ В ВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ КАЗАХСТАНА

М.А. Ли, Т.Т. Ибраев

Казахский НИИ водного хозяйства, г. Тараз, Казахстан

В последние годы время большое внимание стало уделяться природным и социально-экономическим последствиям глобальных и региональных изменений климата. Четко прослеживается антропогенное воздействие на земную поверхность, океаны, атмосферный воздух, а также на биоразнообразие, круговорот воды и биогеохимические циклы, которые выходят за пределы природной изменчивости.

Основные наблюдаемые климатические изменения: повышение температуры воздуха приводит к усилению засушливости климата и испарения, снижению влажности почв, особенно в сухие летние месяцы, что, в свою очередь, увеличивает опасность засухи и пожаров; увеличение повторяемости высоких температур; увеличение интенсивности осадков, и, как следствие, усиление эрозионных процессов; изменение внутригодового распределения стока рек – смещение максимума на более ранние сроки; изменение ледового режима и др.

Изменения климата на территории Казахстана характеризуется следующими показателями:

- отмечается повсеместное повышение температуры воздуха по территории Казахстана (рис. 1);
- увеличиваются абсолютные суточные максимумы температуры воздуха;
- увеличивается количество жарких дней (выше 35 °С) в западных и южных областях Казахстана;
- увеличивается продолжительность вегетационного периода;
- наблюдается тенденция уменьшения количества осадков летом и осенью;
- наблюдается движение климатических зон к северу (опустынивание).

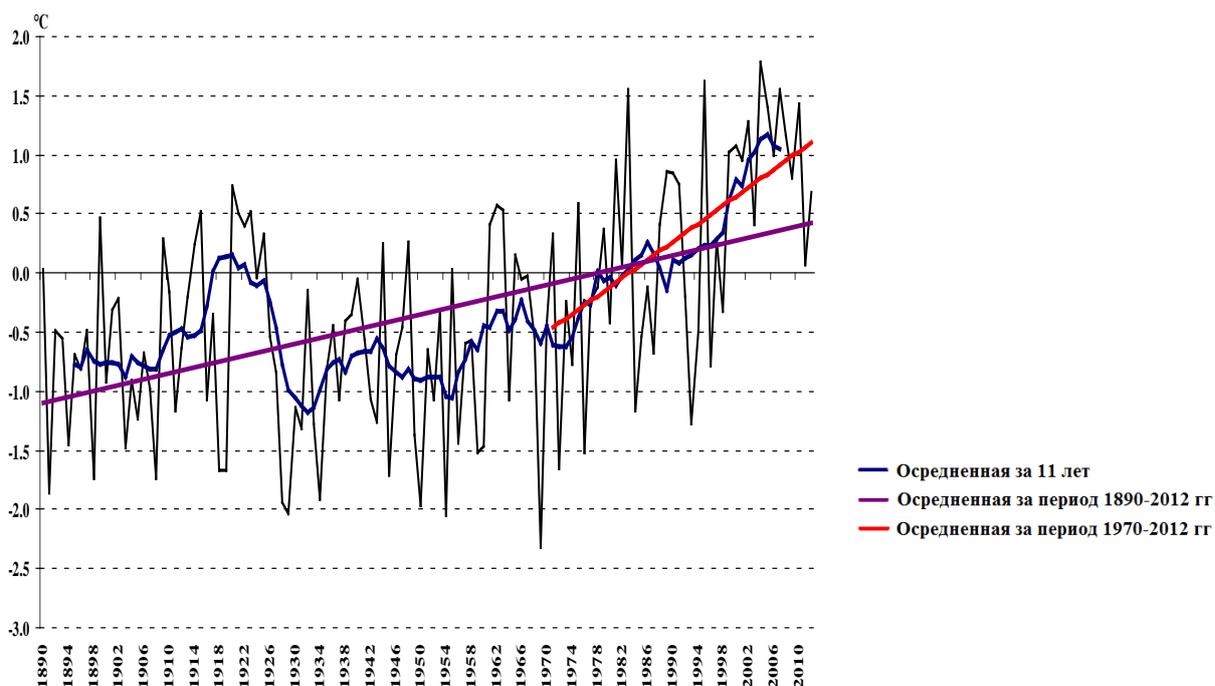


Рисунок 1 - Изменение температуры воздуха [1]

Как следствие динамики климата, основными причинами возможного истощения водных ресурсов Казахстана могут стать исчезновение ледников к концу XXI века; увеличение водозабора соседними странами из трансграничных рек; уменьшение объемов снегонакопления; увеличение испарения с водной поверхности.

На рисунке 2 представлены фактические и прогнозные объемы поверхностного стока в Казахстане.

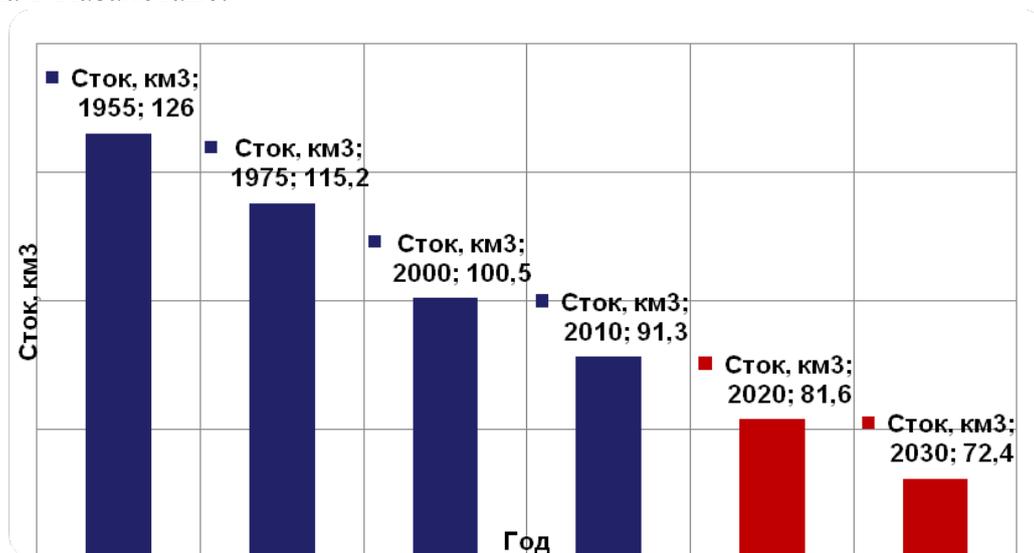


Рисунок 2 - Фактические и прогнозные объемы поверхностного стока в Казахстане

Наряду с этим климатические изменения порождают гидрометеорологические процессы, вызывающие чрезвычайные ситуации (ЧС) в Казахстане, такие, как наводнения, пыльные бури, аномальный холод, аномальная жара, засуха, сильный ветер, ливневые осадки, метели, грозы и туманы. В мире количество чрезвычайных ситуаций природного происхождения распределяется следующим образом: наводнения – 34 %; ураганы, бури, тайфуны, смерчи – 19 %; сильные и особо длительные

дожди – 14 %; землетрясения – 8 %; сильные снегопады и метели – 8 %; оползни, обвалы, сели – 5 %.

Республика Казахстан в силу своего географического положения ежегодно подвергается прямому ущербу от чрезвычайных ситуаций, который исчисляется от 3,5 до 4,5 миллиарда тенге (при отсутствии глобальных стихийных бедствий). По экспертным оценкам косвенный ущерб в этом случае оценивается суммой около 15-20 миллиардов тенге и ущерб от гибели людей и лечения пострадавших - около 3 миллиардов тенге. В общей сумме это может составлять до 30-40 млрд. тенге ежегодно.

Из стихийных природных бедствий наводнения (затопление водой местности и населенных пунктов) по повторяемости явления, площади распространения и ежегодному материальному ущербу занимают первое место. Постоянной проблемой является вредное воздействие вод - паводки, наводнения, подтопление и затопление сельскохозяйственных земель, населенных пунктов и объектов экономики.

По территории Казахстана протекает около 800 рек протяженностью 50 и более километров, на которых под воздействием природно-хозяйственных факторов возникают наводнения. Наводнения отмечаются ежегодно, но их распространение и масштаб год от года варьируют весьма существенно. Примерно раз в 50-100 лет на реках Казахстана проходят катастрофические наводнения. Наводнения, вызванные весенним, либо весенне-летним половодьем, отмечаются на реках практически во всех регионах Казахстана. Иногда на многих реках Казахстана происходят катастрофические наводнения с повышением уровня воды до 10 и более м, расходами воды в несколько тысяч м³/с и затоплениями в десятки и даже сотни км², сопровождающиеся гибелью людей и значительными ущербами

К территориям, подверженным наводнениям, в Казахстане относятся все административные области. От наводнений непосредственно страдают не менее 75 сельских районов и более 850 населенных пунктов с общим числом жителей свыше 3 миллионов человек. Причинами наводнений в Республике являются сильные и продолжительные дожди, интенсивное весеннее таяние снежного покрова на равнинах, снега и ледников в горах, прорывы озер и водохранилищ, нагоны воды на крупных водоемах, наледи, заторы и зажоры льда на реках и др.

К стихийным гидрологическим явлениям в Казахстане относятся:

- высокое весеннее половодье на равнинных реках,
- дождевые и тало-дождевые паводки на горных реках,
- селевые потоки,
- наводнения, вызванные заторно-зажорными явлениями.

Наводнения – самые убыточные явления природы, о чем свидетельствует многочисленная статистика. Более того, в эпоху климатических перемен некоторые опасные явления природы учащаются, а увеличение концентрации населения и производств вблизи водных объектов постоянно усиливает соответствующие риски. Сейчас наводнения относят уже не к чисто природным явлениям, а к природно-техногенным или антропогенным. Именно такие наводнения наблюдаются в настоящее время на р. Сырдарья.

В 1965–1985 гг. в верховьях р. Сырдарья был построен каскад водохранилищ, в результате чего сток реки оказался полностью зарегулирован. Самое верхнее из каскада, Токтогульское водохранилище, до 1990 г. работало в ирригационном режиме, в 90-е годы режим попусков воды из этого водохранилища резко изменился.

Для выработки необходимой для Кыргызстана электроэнергии основные попуски воды осуществляются в зимние месяцы, в течение которых сбрасывается около 60 % общего расхода. В результате резко изменилось внутригодовое распределение стока р. Сырдарья: вместо относительно низкого зимнего стока проходят высокие зимние паводки. Для Казахстана такой режим стока р. Сырдарья создал серьезную угрозу. Причина – установление ледостава на реке в пределах Кызылординской области. Лед на р. Сырдарья устанавливается, как правило, в декабре, вскрытие реки происходит в марте.

Шардаринское водохранилище – единственное на территории Казахстана (до строительства Коксарайского контррегулятора) водохранилище сезонного регулирования. Его проектный объем 5,2 км³. Ограниченный объем Шардаринского водохранилища не позволял сбросить всю поступающую зимой воду для дальнейшего рационального использования. Поэтому с 1993 г. начали производиться вынужденные сбросы воды из Шардаринского водохранилища в Арнасайскую впадину. Их объем, в зависимости от водности года, изменялся от 0,4 до 9 км³. Несмотря на попуски в Арнасайскую систему озер, произошло вынужденное увеличение сбросов воды из Шардаринского водохранилища в русло Сырдарьи в зимний период со 100-200 до 700-800 и более м³/с. В условиях ледостава на реке попуски такого объема создали угрозу затоплений в Кызылординской области.

После введения в эксплуатацию Коксарайского контррегулятора ситуация существенно улучшилась, не смотря на то, что в последние годы в связи со строительством дороги, Шардаринское водохранилище не заполняется до своих проектных отметок, максимальный объем воды в нем не превышает 4,3 км³. Тем не менее, все равно периодически возникает необходимость в повышенных сбросах из Шардаринского водохранилища в зимний период, и это наносит значительный ущерб.

Основные проблемы низовьев реки Сырдарья:

1. После реконструкции Токтогульской ГЭС будет повышена мощность каждого гидроагрегата станции до 360 МВт, при этом общая мощность станции увеличится на 20 %, а производительность – на 2,5 %. Это приведет к тому, что зимнее половодье на р. Сырдарья может стать еще более многоводным.

2. До сих пор окончательно не утверждено назначение Коксарайского контррегулятора: это или дополнительная емкость для накопления воды плюс к Шардаринскому водохранилищу (и тогда его надо заполнять), или резервный объем для аварийных попусков на случай резкого увеличения притока в Шардаринское водохранилище (и тогда его надо держать пустым). Здесь интересы КВР и КЧС не совпадают.

3. В связи с закрытием сбросов из Шардаринского водохранилища в Арнасайскую систему озер, возникла необходимость строительства нового гидротехнического сооружения для аварийных сбросов в случае паводка, аналогичного паводку 1969 г.

Современные возможности и пути решения проблемы оценки рисков наводнений в РК:

- использование данных космического мониторинга затопляемых зон при наводнениях;
- создание цифровых моделей рельефа долин рек и прибрежных территорий крупных водоемов;

- составление однородных статистических рядов наводнений и расчет их ежегодных вероятностей по данным постов сети гидрологических наблюдений отдельно для каждого из бассейнов рек и крупных водоемов;
- определение ожидаемых зон затопления по заданным уровням воды при наводнениях на вероятностной основе;
- разработка методик количественных и качественных оценок рисков наводнений для водных объектов РК;
- оценка рисков наводнений на стандартной основе для типовых сценариев наводнений;
- налаживание производственного космического мониторинга наводнений в реальном масштабе времени во взаимодействии с действующим наземным мониторингом и формирование республиканского унифицированного банка данных по наводнениям.

Анализ объема затрат на инженерно-технические мероприятия по предупреждению стихийных бедствий на два порядка меньше величины суммарного возможного ущерба от аварий гидротехнических сооружений, составляют около 1-3 % от него, что свидетельствует о большей эффективности финансирования мероприятий по предупреждению аварий ГТС в сравнении с ущербом от ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Как в настоящее время, так и в обозримом будущем, наводнения как стихийное бедствие не могут быть целиком предотвращены везде и всюду, их можно только ослабить, локализовать и при своевременном предупреждении свести к минимуму материальный ущерб.

Список использованных источников

1. Кожухметов П.Ж. Важность вопросов адаптации к изменению климата в контексте управления трансграничными водными ресурсами для Казахстана. Алматы, РГП «Казгидромет», 2013.

УДК 628.381.1; 658.567.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСАДКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД РЫБО- И МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УДОБРЕНИЙ

А.Н. Лицкевич, М. В. Гулькович, О.А. Черничко

ГНУ «Полесский АЭИ НАН Беларуси», г. Брест, Республика Беларусь

Интенсивное развитие сельского хозяйства в последние годы сильно истощило земельные ресурсы. Возникла острая необходимость в органических удобрениях для воспроизводства органического вещества и гумуса почв сельскохозяйственных угодий. В ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт Национальной академии наук Беларуси» было предложено решение этой проблемы осуществить путем использования в качестве вторичных материальных ресурсов осадки производственных сточных вод (ОПСВ) рыбо- и молокоперерабатывающих предприятий (Р-МпП). На протяжении 2013-2015 гг. объектами исследований по изучению технологических приемов подготовки ОПСВ предприятий перерабатывающей промышленности Республики Беларусь были:

- флотошлам и избыточный активный ил ОАО «Березовского сыродельного комбината»;

- обезвоженный ОПСВ ОАО «Верхнедвинского маслосырзавода»;
- жидкий и обезвоженный ОПСВ ОАО «Щучинского маслосырзавода»;
- обезвоженный флотошлам СП «Санта Бремор» ООО.

Полученные результаты подтвердили, что ОПСВ Р-МпП представляют большой интерес с точки зрения возможности их использования в качестве сырья с целью получения удобрений для сельскохозяйственных культур.

Удобрительная ценность осадков определяется следующими показателями: рНКСl, содержание сухого вещества, органического вещества, золы, общего азота, который включает азот органических соединений, нитратный (N-NO₃) и аммонийный азот (N-NH₄), а также фосфора (P₂O₅), кальция и магния. Содержание указанных веществ в осадках выражается в % к сухому веществу [1-4].

В технологическом цикле очистки сточных вод образуются различные типы осадков, которые по своим удобрительным качествам могут резко отличаться друг от друга. Для обезвоживания ОПСВ могут использоваться хлорное железо и известь. В этом случае они обогащаются кальцием, железом, а иногда магнием [5].

Сравнение механически обезвоженных ОПСВ с другими видами органических удобрений показывает, что по содержанию общего азота эти осадки иногда превосходят навоз на соломенной подстилке, а по содержанию фосфора превышают его в два раза. Содержание калия обычно в 6-10 раз меньше, чем в навозе. Кроме этого, в состав осадков входят необходимые для растений микроэлементы: цинк, медь, бор, марганец, кобальт и др. [1].

По литературным данным, имеется ряд ограничений использования ОПСВ в качестве основы для получения удобрения (наличие в них тяжелых металлов и др.). В каждом конкретном случае требуется специфический подход к использованию ОПСВ, так как каждое предприятие имеет осадки определенного качества, количества и состава.

В результате проведенных исследований, получены данные, характеризующие свойства ОПСВ Р-МпП. Основные показатели физических свойств ОПСВ различных предприятий приведены в таблице 1.

Отличия в технологических процессах производств, а также в работе очистных сооружений перерабатывающих предприятий способствуют тому, что ОПСВ имеют большую, но разную по величине влажность. На данных предприятиях она варьирует от 67 до 98 процентов, причем, наименьшее значение влажности имеет флотошлам рыбоперерабатывающего предприятия СП «Санта Бремор» ООО, а наибольшее значение влажности у избыточного активного ила (ИАИ) ОАО «Березовский сыродельный комбинат» (98,145%). В качестве удобрений ОПСВ могут использоваться при разном уровне влажности.

Одним из требований к ОПСВ для их использования в качестве сырья с целью получения удобрений является уровень массовой доли органических веществ на сухое вещество, который должен составлять не менее 20 % [6]. Все изученные образцы ОПСВ характеризуются высоким содержанием органического вещества, значения которого находятся в пределах 63,3-97,0 %. Основными компонентами органической части ОПСВ являются белково-, жиро- и углеводоподобные вещества; при этом значительную долю составляют белки (табл. 2).

В составе осадка рыбопереработки наблюдается более высокое содержание жиров по сравнению с ОПСВ молокоперерабатывающих предприятий (в 2,9–14,3 раза).

Таблица 1 – Основные показатели физических свойств ОПСВ Р-МпП

| ОПСВ | Влажность, % | Гигроскопическая влажность, % | Концентрация сухого вещества, г/кг | Зольность, % | Содержание беззольного вещества, % |
|--|--------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------|------------------------------------|
| ОАО «Березовский сыродельный комбинат» <i>флотошлам</i> | 86,12 | 1,92 | 139,6 | 20,3 | 79,7 |
| ОАО «Березовский сыродельный комбинат» <i>избыточный активный ил (ИАИ)</i> | 98,14 | 0,00 | 18,55 | 3,00 | 97,0 |
| ОАО «Верхедвинский масло-сырзавод» <i>ОПСВ обезвоженный</i> | 82,96 | 3,11 | 173,08 | 7,41 | 92,59 |
| ОАО «Щучинский масло-сырзавод» <i>ОПСВ обезвоженный</i> | 85,46 | 10,27 | 145,4 | 22,95 | 77,05 |
| ОАО «Щучинский масло-сырзавод» <i>ОПСВ жидкий</i> | 91,64 | 8,22 | 83,60 | 11,70 | 88,3 |
| СП «Санта Бремор» ООО <i>флотошлам обезвоженный</i> | 67,50 | 0,00 | 325,0 | 36,70 | 63,3 |

Таблица 2 – Основной состав ОПСВ Р-МпП

| ОПСВ | Сырой протеин, % | Сырой жир, % | Сырая клетчатка, % |
|---|------------------|--------------|--------------------|
| ОАО «Березовский сыродельный комбинат» <i>флотошлам</i> | 36,995 | 5,52 | 6,14 |
| ОАО «Березовский сыродельный комбинат» <i>ИАИ</i> | 21,435 | 1,055 | 6,97 |
| ОАО «Щучинский масло-сырзавод» <i>ОПСВ обезвоженный</i> | 36,84 | 3,77 | 4,3 |
| СП «Санта Бремор» ООО <i>флотошлам обезвоженный</i> | 37,07 | 15,1 | 2,05 |

Большое содержание органических веществ ведет к быстрому загниванию осадков. Поэтому основными задачами обработки ОПСВ является их стабилизация и получение безопасного в санитарном отношении продукта [7].

В таблице 3 представлены результаты исследования химического состава ОПСВ Р-МпП. Содержание $N_{\text{общ.}}$, P_2O_5 , K_2O в осадке определяли по ГОСТ 26107-84 п. 4.2 [8]; ГОСТ 26207-91 [9].

Отличия показателей для ОПСВ молокоперерабатывающих предприятий объясняются различием применяемых технологических процессов, а также различным качественным составом используемой водопроводной воды.

Согласно [6], ОПСВ можно использовать в качестве удобрений при реакции среды (pH_{KCl}) осадков в пределах 5,5-8,5. Осадки, имеющие значение реакции среды (pH вытяжки) более 8,5, могут применяться на кислых почвах в качестве орга-

но-известковых удобрений. Реакция среды исследованных осадков составляет 5,1-6,65. При использовании ОПСВ с низким значением рН в качестве удобрения необходимо повышать реакцию среды с помощью высоко щелочных реагентов (например, извести).

Таблица 3 – Химический состав ОПСВ Р-МпП

| ОПСВ | рН | N, % | | P ₂ O ₅ , % | | K ₂ O, % | |
|--|------|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | | на су- хое в-во | на ест. вл-ть | на су- хое в-во | на ест. вл-ть | на су- хое в-во | на ест. вл-ть |
| ОАО «Березовский сыро- дельный комбинат» <i>фло- тошлам</i> | 6,2 | 4,15 | 0,576 | 1,859 | 0,258 | 2,487 | 0,345 |
| ОАО «Березовский сыродель- ный комбинат» <i>ИАИ</i> | 6,4 | 0,895 | 0,017 | 4,715 | 0,087 | 3,39 | 0,063 |
| ОАО «Верхедвинский масло- сырзавод» | 5,1 | 4,03 | 0,67 | 1,48 | 0,257 | 0,87 | 0,143 |
| ОАО «Щучинский масло- сырзавод» <i>ОПСВ обезвоженный</i> | 5,7 | 2,11 | 0,307 | 2,75 | 0,4 | 0,91 | 0,13 |
| ОАО «Щучинский масло- сырзавод» <i>ОПСВ жидкий</i> | 5,5 | 1,29 | 0,057 | 2,225 | 0,1325 | 0,745 | 0,054 5 |
| СП «Санта Бремор» ООО <i>флотошлам обезвоженный</i> | 6,65 | 4,36 | 1,417 | 0,88 | 0,286 | 8,84 | 2,873 |

В ОПСВ содержится достаточно много азота и фосфора, что делает их пригодными для использования в сельскохозяйственной практике. В литературе [4, 10-12] приводятся следующие колебания в содержании основных элементов питания осадков: по азоту 0,8-7,65 %, фосфору 0,6-5,6 %, калию 0,1-2,83 %.

Содержание общего азота в исследованных осадках изменяется в диапазоне от 0,895 до 4,36 %, а подвижных соединений фосфора – от 0,88 до 4,715 %. Согласно [6], содержание общего азота и фосфора в осадках должно быть не менее 0,6 и 1,5 % соответственно. При старении осадков в процессе хранения фосфор практически полностью сохраняется [1]. Применение ОПСВ, имеющих небольшой запас доступного калия, должно сопровождаться дополнительным внесением в почву минерального калия.

Осадки производственных сточных вод перерабатывающих предприятий были тщательно исследованы на содержание тяжелых металлов атомно-абсорбционным методом. Исследования проводились на выявление следующих элементов: кадмия, хрома, меди, цинка, никеля, свинца, кобальта и марганца. Полученные результаты отражены в таблице 4.

Содержание всех тяжелых металлов в исследованных осадках не превышает установленных для них ПДК. В этом случае приоритетным загрязнителем признается металл, содержание которого больше других приближено к ПДК. Таковым для всех исследованных образцов ОПСВ является цинк.

Таким образом, ОПСВ Р-МпП – надежный источник пополнения запасов органического вещества, азота и фосфора в почве, а дефицит по калию легко устранить при дополнительном внесении этого элемента в виде минеральных удобрений.

Малое содержание тяжелых металлов может служить добавкой микроэлементов в полученных на основе ОПСВ удобрениях для сельскохозяйственных культур. На основании экспериментального подбора составляющих к ОПСВ (известкового реагента – отход производства ацетилена, фильтрационного осадка – отхода сахарного производства) нами были разработаны два проекта технических условий органических удобрений для зерновых, зернобобовых, технических и пропашных сельскохозяйственных культур. В ходе трехлетнего эксперимента установлено, что применение полученных органических удобрений в оптимальных дозах обеспечивает прибавки урожайности сельскохозяйственных культур в пределах 3,74-36 % (в зависимости от культуры).

Таблица 4 – Содержание ТМ в ОПСВ Р-МпП

| ОПСВ | Концентрация элемента на абсолютно сухую массу, мг/кг | | | | | | | |
|---|---|-------|-------|------|-------|------|------|-------|
| | Pb | Cd | Zn | Cu | Mn | Ni | Co | Cr |
| ОАО «Березовский сыродельный комбинат» <i>флотошлам</i> | 5,77 | 0,035 | 38,87 | 1,21 | 36,2 | 6,03 | 0,85 | 7,52 |
| ОАО «Березовский сыродельный комбинат» <i>ИАИ</i> | 1,01 | 0,015 | 14,5 | 1,12 | 4,68 | 0,61 | 0,14 | 6,78 |
| ОАО «Верхедвинский маслосырзавод» | 1,54 | – | 26,3 | 18,1 | 35,62 | 4,02 | – | 9,99 |
| ОАО «Щучинский маслосырзавод» <i>ОПСВ обезвоженный</i> | 0,76 | 0,03 | 31,4 | 3,79 | 13,49 | 1,57 | 0,28 | 10,68 |
| ОАО «Щучинский маслосырзавод» <i>ОПСВ жидкий</i> | 0,64 | – | 29,8 | 2,11 | 20,54 | 1,38 | – | 19,27 |
| СП «Санта Бремор» ООО <i>флотошлам обезвоженный</i> | 16,87 | 0,64 | 34,18 | 3,99 | 77,51 | 4,63 | 4,87 | 6,87 |
| ПДК для почв (валовые формы) | 30 | 0,5 | 100 | 55 | 1500 | 85 | 20 | 100 |
| ПДК, установленная для осадков группы I [6] | 250 | 15 | 1750 | 70 | – | 200 | – | 500 |

Список использованных источников

1. Пахненко, Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения: учебное пособие / Е.П. Пахненко. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 311 с.
2. Филиппова, А.В. Экологическая оптимизация биоутилизации и использования нетоксичных отходов в агроэкосистемах Южного Урала: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / А.В. Филиппова; Оренбургский государственный аграрный университет, – Оренбург, 2010. – 48 с.
3. Гольдфарб, Л.П. Опыт утилизации ОСВ в качестве удобрения / Л.П. Гольдфарб, М.С. Туровский, С.Д. Беляева. – М.: Стройиздат, 1983. – 26 с.
4. Яромский, В.Н. Очистка сточных вод предприятий молочной промышленности / В.Н. Яромский. – Брест, 2004. – 107 с.

5. Туровский, И.С. Обработка осадков сточных вод / И.С. Туровский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1988. – 256 с.
6. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений: ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. – Введ. 23.01.01. – М.: Госстандарт России, 2001. – 71 с.
7. Канализация. Учебник для вузов. Изд. 5-е, перераб. и доп. / С.В. Яковлев [и др.]. – М.: Стройиздат, 1975. – 632 с.
8. Почвы. Методы определения общего азота: ГОСТ 26107-84 п. 4.2. – Введ. 02.03.84. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1984. – 8 с.
9. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26207-91. – Введ. 01.07.93. – М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1993. – 6 с.
10. Капелькина, Л.П. Использование осадка сточных вод для рекультивации земель / Л.П. Капелькина, Г.П. Симонова // Земледелие. – 1984. – № 4. – С. 42.
11. Горохова, С.Г. Исследование осадков сточных вод г. Невинномысска с целью использования его в качестве удобрений / С.Г. Горохова // Науч. тр. Вып. 44. – Ставрополь, 1981. – Т. 1. – С. 35-42.
12. Алексеев, Ю.В. Осадки городских сточных вод в качестве удобрения / Ю.В. Алексеев // Химия в сельском хозяйстве. – 1986. – № 12. – С. 27-31.

УДК 631.117

О ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ НЕНАСЫЩЕННЫХ ПОРОД

Е.А. Макарычева

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

Эффективность использования воды при орошении существенно зависит от потерь на фильтрацию из оросительных каналов и на орошаемых массивах, определяемых водопроницаемостью почв и пород зоны аэрации. Нормативный способ оценки водопроницаемости пород по значению коэффициента фильтрации (K_f), определяемого по наливам в шурфы при напоре (h) равном 0,10 м [1], приводит к занижению потерь, рассчитанных по рекомендованным в [2] формулам Павловского Н.Н. Это обусловлено увеличением водопроницаемости (K_v) и скорости неустановившейся фильтрации (V) под действием напора [3,4], которое завершается при достижении максимальной скорости V^* , соответствующей равновесной влажности (θ^*). Значения последней закономерно возрастают с увеличением напора, зависимости $\theta^*(h)$ и $V^*(h)$ являются степенными [5].

Градиент напора (I) отражает сопротивление породы, включающее трение (I_1) и противодействие свободного воздуха в поровом пространстве (I_2), которое по мере вытеснения и растворения воздуха уменьшается во времени до минимума (I^*) при равновесной влажности θ^* . Изменение градиента напора во времени при напоре 1,5 м в лессовидных суглинках представлено в таблице 1. Там же – скорость сработки уровня воды в котловане трапецеидального сечения с шириной по дну 3,0 м, заложением откосов $\varphi = 1,5$ [6].

Таблица 1 - Значения градиента I_h при напоре 1,5 м

| | | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| t, сут | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 60 |
| $V_{ур}$, м/сут | 0,40 | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 0,95 | 1,15 |
| I | 0,85 | 0,65 | 0,55 | 0,50 | 0,40 | 0,35 | 0,30 |

Произведение ($V_{ур} * I$) является практически постоянным, равным 0,35. Зависимости $V_{ур}(t)$ и $I(t)$ соответствуют уравнениям (1) и (2):

$$V_{ур} = 0,22 t^{0,4} \quad (1)$$

$$I = 1,60 / t^{0,4} \quad (2)$$

Значения равновесной влажности при установившейся фильтрации из котлована для $h_1 = 0,30$ м и $h_2 = 1,50$ м составили соответственно: 0,36 и 0,42 от объема породы с пористостью $n = 0,50$ [7]. Отношение θ^*/n изменяется в пределах 0,7...0,9, что ранее установлено по результатам исследований фильтрации из каналов [8, 9]. Содержание заземленного воздуха в поровом пространстве ($n_{зв} = n - \theta^*$) составляет 14 – 8 % от объема породы. Под уровнем грунтовых вод значения $n_{зв}$ минимальны и равны 5-7 % [4]. Этот показатель отражает особенности строения порового пространства, которые определяются размерами пор, их формой, ориентацией и степенью взаимосвязи.

Объем заземленного воздуха определяет значение начального градиента напора I_0 , который в суглинистых и глинистых породах следует учитывать при использовании уравнения Дарси для расчетов скорости фильтрации [10, 11]:

$$V_{ф} = K_{ф} (dh/dz - I_0) \quad (3)$$

Игнорирование начального градиента напора завышает скорость фильтрации, что объясняет, по мнению Бондаренко [12], неэффективность дренажа на тяжелых почвах.

Водопроницаемость ненасыщенных пород (коэффициент K_v) принято определять в виде доли от $K_{ф}$ по степенной зависимости:

$$K_v = K_{ф} [(\theta - \theta_0 / n_p - \theta_0)]^c, \quad (4),$$

где θ_0 – содержание связанной воды, n_p – расчетная пористость с учетом заземленного воздуха, c – постоянная, $(\theta - \theta_0 / n_p - \theta_0) = \varepsilon$ – относительная влажность в диапазоне 0 ... 1,0.

Значения θ_0 принимают в диапазоне от максимальной гигроскопичности до наименьшей влагоемкости, получая значения показателя степени в диапазоне 3...24 [13]. Это указывает на необходимость разработки метода обоснования параметра θ_0 , характеризующего прекращение капиллярного движения воды. Анализ результатов моделирования влагопереноса с применением основной гидрофизической характеристики (ОГХ) показал, что накопление достаточно сложных и спорных проблем «ставит под сомнение использование термодинамической концепции в общепринятом виде и нужен достаточно общий подход, который более физичен» [14].

По нашему мнению физическая модель влагопереноса наиболее точно отражена в теории капельной конденсации и капиллярного испарения О.В. Шаповаловой [15], по которой предельное значение капиллярного потенциала ($P_{пр}$) не превышает 1 атм и зависит от температуры почвы:

$$P_{пр} = P_{ат} - (P_{ат} P_n)^{0,5} \text{ м вод.ст.}, \quad (5)$$

где $P_{ат}$ - атмосферное давление, P_n - давление насыщенного пара.

При $P_{пр}$ и влажности капиллярного равновесия (ВКР) наступает переход от капиллярного движения жидкости к парожидкостному переносу, которое отражает процессы внутрпочвенного испарения и конденсации. При значении $P^* = 30$ КПа резко возрастает давление пара и снижается давление воды в порах диаметром 10 мкм [16], что приводит к падению скорости капиллярного впитывания (V_k) до суммы значений скоростей испарения (V_n) и конденсации (табл. 2).

Это позволяет в качестве θ_0 рекомендовать использование равновесной влажности, соответствующей потенциалу P^* , которую ранее было предложено назвать «характеристической влажностью». Скорость установившейся инфильтрации при $\varepsilon^* < 1,0$ можно рассчитать по уравнению Дарси – Букингема (5), где I^* – потери напора, соответствующие равновесной влажности θ^* и содержанию воздуха $n_p - \theta^*$ в поровом пространстве породы.

Таблица 2 - Значения V_k в колонке сухой легкосуглинистой почвы при $V_i = 5,0$ мм/сут [17]

| | | | | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\Theta, \%$ | 41,5 | 40,0 | 38,5 | 36,5 | 31,5 | 30,5 | 29,5 | 27,0 |
| $P, \text{м}$ | 0,3 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 7,4 |
| $V, \text{мм / сут}$ | 150 | 77 | 45 | 26 | 7,0 | 5,0 | 4,0 | 2,0 |

$$V^* = K_v I^* \quad (6)$$

Значения относительной влажности возрастают с увеличением напора по степенной зависимости [20], что приводит к увеличению водопроницаемости и скорости инфильтрации. Зависимости $V^*(\varepsilon)$ также степенные в виде:

$$V^* = V_{\max} \varepsilon^c, \quad (7),$$

где V_{\max} – максимальная скорость инфильтрации при минимальном значении градиента напора, соответствующих $\varepsilon = 1,0$.

Для определения коэффициента фильтрации по (6) необходимо рассчитать градиент напора по показаниям пьезометров, установленных в зоне инфильтрации. Поскольку потери напора изменяются по глубине и ширине потока, при разном расположении пьезометров получим набор значений K_f , не позволяющий однозначно оценить водопроницаемость.

Костяков А.Н предложил уравнение для описания движения воды в ненасыщенных породах (закон просачивания), позволяющее рассчитывать скорости впитывания и инфильтрации при градиенте напора h^m , где показатель степени m изменяется во времени [18]:

$$V = K_t I_t = K_t h^m = V_1 / t^\alpha \text{ м/сут}, \quad (8)$$

где K_t – характеристика водопроницаемости, V_1 – скорость впитывания в первый час, α – постоянная. Градиент h^m уменьшается во времени и при переходе от впитывания к инфильтрации становится равным 1,0.

Скорость установившейся инфильтрации при $m = \text{const}$ возрастает с увеличением напора по зависимости (8), в которой коэффициент просачивания (K^*) равен скорости V^* , соответствующей напору 1,0 м:

$$V^* = K^* h^m \quad (9)$$

При расчете потерь воды из оросительных каналов по формуле (8) влияние капиллярных сил предложено учитывать коэффициентом, убывающим с увеличением заложения откосов [2, 19]. Для определения коэффициента просачивания и показателя степени m достаточно экспериментально установить два значения скорости V^* при двух значениях напора в канале:

$$m = \lg(V^*_1 / V^*_2) / \lg(h_1 / h_2) \quad (10)$$

$$K^* = V^*_1 / h_1^m = V^*_2 / h_2^m \quad (11)$$

По результатам наливов в котлован при напоре 0,3–0,5–1,5 м для лессовидных суглинков с $K_f = 0,20$ м/сут и пористостью 0,50 значения V^* составили соответственно 0,30 – 0,45 – 1,15 м/сут, а равновесная влажность – 0,36–0,37–0,42. Па-

параметры уравнения Костякова А.Н., рассчитанные по (9) и (10), составили: $m = 0,8$, $K^* = 0,8$ м/сут.

Зависимости скорости V^* и относительной влажности ε , рассчитанной при $\theta_0 = 0,24$ ($P^* = 30$ КПа) получены в виде:

$$V^* = 3,70 \varepsilon^{3,2} \quad (12)$$

$$\varepsilon = 0,62 h^{0,26} \quad (13)$$

После подстановки уравнения (13) в (12) получим $V^* = 0,80 h^{0,8}$, что соответствует закону просачивания Костякова А.Н. и коэффициенту просачивания, равному 0,8 м/сут. Градиент напора I^* при $\varepsilon = 1$ составляет 0,10, значение K_{ϕ} равно 37,0 м/сут, что существенно превышает верхний предел для лессовидных суглинков. Этот результат показывает, что уравнение движения Дарси –Букингема в рассмотренном виде не позволяет определять реальные значения коэффициента фильтрации ненасыщенных пород, пригодные для расчета потерь воды из оросительных каналов и бассейнов.

При неустановившейся инфильтрации скорость сработки уровня изменяется как во времени, так и в зависимости от напора [20]. Значения $V_{ур}$, замеренные при наливах в шурфы, площадью 10 м², для $h = 1,2-1,4-1,6$ м, приведены в таблице 3. По данным таблицы установлены: степенная зависимость $V_{ур}(t)$ и линейная $\beta(h)$ в виде:

$$V_{ур} = V_0 t^{\beta} = 0,20 t^{\beta} \text{ м/сут,} \quad (14)$$

$$\beta = 0,35 h \quad (15)$$

Таблица 3 - Скорость сработки уровня воды в шурфе $V_{ур}$, м/сут

| t, сут | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | β |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| h =1,2 м | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 0,42 |
| 1,4 м | 0,6 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 0,50 |
| 1,6 м | 0,8 | 1,3 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 0,56 |

В первый период работы котлована (1-5 сут) при напоре 1,5 м скорость впитывания воды ($V_{вп}$) уменьшалась от 0,80 до 0,40 м/сут вследствие уменьшения градиента капиллярного потенциала на фронте увлажнения. Зависимость $V_{вп}(t)$ установлена в виде:

$$V_{вп} = 0,80 / t^{0,43} \quad (16)$$

Значение скорости впитывания на первый час работы (V_1), рассчитанное по (16), составляет 3,20 м/сут. В конце процесса впитывания показатель степени m уравнения (8) снижается до нуля, а градиент h^m становится равным 1,0. Из зависимости $V_{вп} = 0,40 h^m$ при напоре 1,5 м получим максимальное значение показателя степени m равное 5,0. В период неустановившейся инфильтрации значения m возрастают от нуля до 0,80.

Выводы

1. Водопроницаемость ненасыщенных пород определяется равновесной влажностью, возрастающей с увеличением напора по степенной зависимости, отражающей строение порового пространства.

2. Градиент напора, определяемый по показаниям пьезометров, с увеличением влажности уменьшается вследствие уменьшения содержания защемленного воздуха и его сопротивления движению воды.

3. Содержание связанной воды при расчете коэффициента водопроницаемости и применении уравнения Дарси – Букингема в лессовидных суглинках соответствует капиллярному потенциалу 30 Кпа.

4. Для оценки водопроницаемости ненасыщенных пород рекомендуем использовать коэффициент просачивания Костякова А.Н., определяемый экспериментально по скорости сработки уровня воды при установившейся инфильтрации.

Список использованных источников

1. ГОСТ 23278-78 Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости. – М.: Госстрой СССР, 1987.
2. СНиП 2.06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения. – М., Госстрой СССР, 1987.
3. Аверьянов С.Ф. Зависимость водопроницаемости почвогрунтов от содержания в них воздуха. / - М.: ДАН, т.69, № 2, 1949.
4. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. Л., 1965.
5. Макарычева Е.А. Моделирование потерь воды из оросительных каналов. / Сб. Пути повышения эффективности орошаемых земель, № 4 (60) 2015.
6. Макарычева Е.А. О неустановившейся фильтрации из каналов. / Вопросы мелиорации, 2008, № 5- 6.
7. Макарычева Е.А. О точности определения потерь воды из оросительных каналов. / Ми ВХ, 2011, № 5.
8. Денисов Н.Я. К методике определения водопроницаемости неводоносных грунтов при инфильтрации из шурфов. /Автореф. дисс., к.т.н., 1936.
9. Романов Е.А. Влияние заземленного газа на некоторые процессы в почвах / Почвоведение, 1974, №4.
- 10.Абелишвили Г.В. Результаты экспериментальных исследований нижней границы применимости закона Дарси. / Труды ГрузНИИГиМ, вып.22, 1963.
- 11.Березкина Г.М. К вопросу изменения водопроницаемости связных грунтов от градиента напора. / Вестник МГУ, №1, 1965.
- 12.Бондаренко Н.Ф. Исследование фильтрационных аномалий жидкостей. / Сборник трудов по агрономической физике, вып.14- Физика почв и приемы их обработки. Изд. «Колос», 1967.
- 13.Brooks R.H., Corey A.T. / Hydrol. Paper. – 1964. - № 3.
- 14.Шеин Е.В. Гидрология почв: этапы развития, современные тенденции, ближайшие перспективы. / Почвоведение, №2, 1910.
- 15.Шаповалова О.В. Роль фазовых переходов при передвижении воды в системе почва – растение – атмосфера. / Сборник статей Обоснование допустимых глубин грунтовых вод орошаемых земель. М., ВНИИГиМ, 1987.
- 16.Романов В.И. Измерение относительного давления пара в поровом пространстве капиллярно-пористых тел. / Доклады ВАСХНИЛ, №6, 1976.
- 17.Макарычева Е.А. Закономерности и модели напорного движения воды в зоне аэрации. / Материалы юбилейной международной конференции - Комплексные мелиорации - средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. 2014.
- 18.Костяков А.Н. Основы мелиораций. / Сельхозгиз, 1938.
- 19.Рачинский А.А. Потери воды в хозяйственной оросительной системе и меры борьбы с ними. / Изд. АН УзССР, Ташкент, 1956.
- 20.Мочалов И.П., Клинов Ю.А. Влияние величины напора на интенсивность фильтрации в условиях слоистой толщии грунтов. / Материалы научно - практической конфер. молодых специалистов водохоз. проектных и научно-исслед. институтов. Том 1, ЦБНТИ, М., 1966.

В.Н. Маркин, В.В. Шабанов

РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Экологическая система характеризуется видовым разнообразием, что отражает индекс Шеннона (H). Индекс Шеннона является показателем частоты встречаемости видов гидробионтов и, тем самым, характеризует видовое разнообразие экосистемы.

$$H = -\sum \frac{n_i}{N \times \log\left(\frac{n_i}{N}\right)},$$

где n_i – число особей каждого вида во всех пробах; N – общая численность особей всех видов во всех пробах.

Использование индекса H в инженерной практике затруднено необходимостью получения гидробиологической информации. Однако для оценки воздействия водохозяйственной деятельности на водные объекты, которая является одной из решаемых практических задач, достаточно определить степень изменений, произошедших в системе.

Для этого можно предложить следующий подход – метод наложения дифференциальных кривых распределения [4].

Если предположить, что число видов изменяется с изменением пространства, пригодного для обитания (при сохранении концентрации питания), то индекс Шеннона может быть связан с плотностью распределения речного стока. В этом случае можно использовать плотность распределения речного стока, как модель, описывающую видовое разнообразие реки. Это допустимо на основании проведённых исследований [1], где показана практически линейная связь общего количества видов с линейными размерами области обитания.

Рассмотрим пример. На рисунке 1 даны графики относительных распределений модульных коэффициентов естественного и фактического стока, с разным уровнем безвозвратного изъятия воды в процентах от нормы стока реки Иртыш в устьевом створе. Совместная площадь перекрытия кривых представляет собой степень сохранности естественного стока (ΔP). Безвозвратное водопотребление в объёме 20 % нормы стока в разные по водности годы допустимо, так как $\Delta P_{20\%} = 70\% > \Delta P_{\text{допустимое}} = 60\%$. Изъятие 50 % воды приводит к недопустимым изменениям $\Delta P_{50\%} = 38\% < \Delta P_{\text{допустимое}}$. Таким образом, учитывая связь числа видов водных организмов с объёмом жизненного пространства можно предположить, что безвозвратное изъятие стока приведёт к снижению видового разнообразия, соответственно на 30 % (100–70) и 62 % (100–38).

Предложенный подход позволяет:

- использовать легкодоступную в водохозяйственной практике величину объёмов стока реки для характеристики изменения экологического состояния водной экосистемы;

- оценить диапазон объёмов стока, для которого характерно наибольшее разнообразие видового состава.

Исходя из положения, что абиотические факторы среды (которые характеризуют среду обитания водных организмов, например, гидрохимические и гидрологические) связаны с биотическими (например, видовым разнообразием), по состоянию среды можно судить не только о качестве воды и ее пригодности для хозяйственной деятельности, но и дать оценку состояния водной экосистемы в целом.

Возможность оценки состояния речной системы с помощью объемов речного стока, основана на использовании его в качестве одного из показателей, формирующих гидрохимический и гидробиологический режимы. Для водных объектов, находящихся в естественном состоянии или в условиях слабого влияния антропогенной деятельности, такое положение допустимо в силу действия законов: «Все связано со всем», «Физико-химического единства», «Оптимальности» [2]. Однако антропогенное загрязнение и истощение водных объектов, в результате хозяйственной деятельности, приводит к независимому друг от друга изменению качественного состава и объемов воды, они могут переформировать среду обитания водных организмов. В таких условиях используется интегральный показатель, учитывающий загрязненность воды. В работе [3] загрязненность сточных и природных вод оценивается с помощью показателя предельной загрязненности. Он получен на основе решения уравнения гидрохимического баланса и приведен к виду, широко используемому в отечественной и зарубежной практике, - индексу загрязнения воды (ИЗВ). Это позволяет использовать методику оценки качества воды по показателю ИЗВ при использовании коэффициента предельной загрязненности.

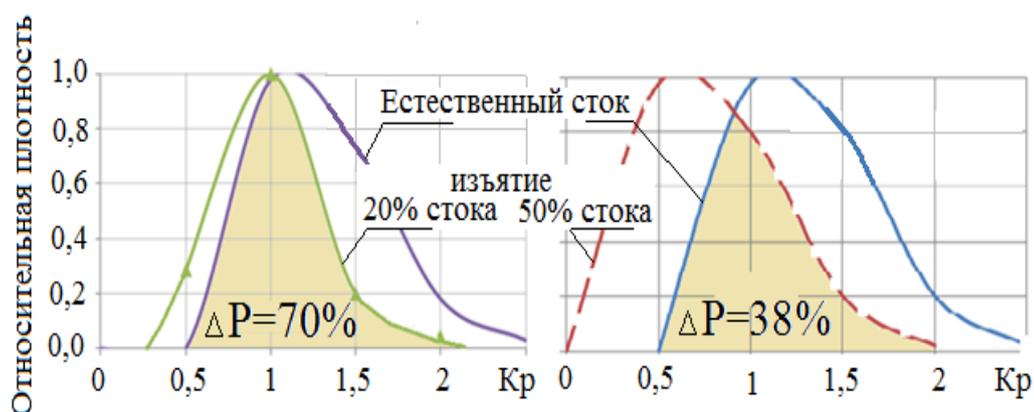


Рисунок 1 - Определение степени сохранности (ΔP) реки Иртыш по условию истощения путём сопоставления относительных распределений модульных коэффициентов естественного и фактического стока с уровнем безвозвратного изъятия воды 20 % и 50 % от нормы стока. Устьевой створ

Показатель предельной загрязненности можно выразить в безразмерном виде ($K_{пз}$ - коэффициент предельной загрязненности) и в размерном виде ($W_{пз}$ - показатель предельной загрязненности, выраженный в единицах объем воды).

$$W_{пз} = W_p \times K_{пз}$$

$$K_{пз} = \frac{1}{N} \sum \frac{c_i}{ПДК_i} - 1,$$

где i – номер загрязняющего воду вещества; W_p – объем фактического речного стока (с учётом использования воды); $K_{пз}$ – коэффициент предельной загрязнённости воды i -ми веществами, N – количество i -х веществ, используемых для оценки показателя.

Коэффициент предельной загрязнённости представляет собой осреднённую кратность сверхнормативного превышения показателей, используемых для оценки качества воды.

Предложенный показатель качества воды ($K_{пз}$) имеет существенные достоинства:

– позволяет связать гидрологические характеристики (например, объем стока) с гидрохимическими (на изменение которых и влияет водохозяйственная деятельность);

– позволяет сделать оценку качества воды в реке по загрязнённости ее воды или сточных вод;

– позволяет проводить анализ загрязнённости для лет разной водности.

С целью иллюстрации возможностей предлагаемого метода, ниже приведен пример оценки качества воды. На рисунке 2 представлены графики кривых обеспеченностей объемов стока реки, показателей предельной загрязненности воды без учета и с учетом водоохранных мероприятий, полученные для реки Исеть (приток Тобола).

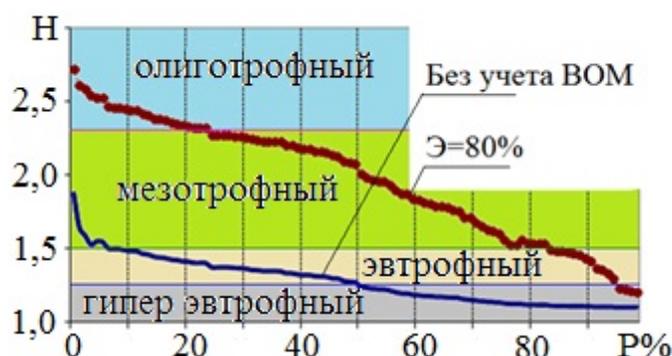


Рисунок 2 - Оценка изменения уровня трофности реки Исеть по индексу Шеннона в зависимости от обеспеченности речного стока без учёта и с учётом водоохранных мероприятий (ВОМ) эффективностью $\mathcal{E}=80\%$

В многолетнем разрезе, без учета проведения мероприятий по очистке стоков, класс качества воды изменяется следующим образом, для лет с обеспеченностью:

- до 4 % - вода относится к классу качества - «умеренно загрязненная»;
- от 4 % до 45 % - «загрязненная» - *вероятность пребывания в данном состоянии 41 %*;
- от 45 % до 57 % - «грязная» - *вероятность пребывания в данном состоянии 12 %*;
- от 57 % до 77 % - «очень грязная» - *вероятность пребывания в данном состоянии 20 %*;
- выше 77 % - «чрезвычайно грязная» - *вероятность пребывания в данном состоянии 33 %*;

Очистка воды с эффективностью 80 % приводит к изменению уровня загрязненности воды в сторону улучшения ее качества:

- до 21 % - «чистая»;
- от 21 % до 56 % - «умеренно загрязненная» - вероятность пребывания в данном состоянии 34 %;
- от 56 % до 83 % - «загрязненная» - 27 %;
- от 83 % до 92 % - «грязная» - 9 %;
- выше 92 % - «очень грязная» - 8 %.

Трофический статус реки в среднемноголетнем разрезе соответствует условиям:

- «эвтрофного» уровня – без учета планируемых водоохранных мероприятий;
- «мезотрофного» уровня – (ожидаемый) с учётом проведения водоохранных мероприятий эффективностью не менее 40%. Однако, даже проведение мероприятий эффективностью 80 %, в маловодные годы с обеспеченностью более 80 % сохраняются условия «эвтрофного», а в остромаловодные годы обеспеченностью более 95% «гиперэвтрофного» уровня.

Список использованных источников

1. Алимов А.Ф. Территориальность у водных животных и их размеры//Известия АН. Сер. Биологическая, 2003. №1. С. 93-100.
2. Реймерс Н. Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. - М.: «Россия молодая» - 1994. - С. 366
3. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем в схемах КИОВР. /В.В. Шабанов, В.Н. Маркин. – М.: Москов. Гос. ун-т. природообустройства - Москва 2007-81с. Библиогр.: 44 назв. - Рус. - Деп. в ВИНТИ 06.11.07
4. Шабанов В.В., Маркин В.Н. «Эколого-водохозяйственная оценка водных объектов» - М: МГУП - 2009. – С.154

УДК 556.01+504.4.062.2(574)

АРАЛ И БАЛХАШ: ЗОНЫ РЕАЛЬНОГО И ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ВОДНОГО КРИЗИСА

А.Р. Медеу, И.М. Мальковский, Л.С. Толеубаева
Институт географии, г. Алматы, Казахстан

При анализе истории и разнообразия взаимодействия общества и природы можно выделить водные кризисы, обусловленные истощением и загрязнением природных вод. Водные кризисы возникали во все исторические эпохи – от античной до современной – на основе самых разных технологий вододопользования практически в любых природных зонах. Все это позволяет считать, что возникновение водных кризисов носит закономерный характер.

Известно, что катастрофическое засоление почв в результате избыточного орошения закончилось тысячи лет назад упадком земледелия в Междуречье [1, 2]. Аналогичные процессы происходят сейчас во многих регионах планеты.

Мировую известность получил водообусловленный Аральский экологический кризис, приведший к практическому исчезновению Аральского моря – третьего по величине бессточного водоема планеты [3, 4].

Основным звеном, связующим природные воды и общество, является процесс водопользования. Он зависит как от социально-демографических факторов (численность населения, экономические явления, технологии), так и от природных причин (запасы и интенсивность естественного возобновления ресурсов, колебания

климата и др.). В процессе водопользования происходит истощение и загрязнение ресурсов природных вод, результатом чего становится, во-первых, трансформация структуры и функционирования географической оболочки (изменение климата, опустынивание, потеря биоразнообразия) и, во-вторых, изменение социально-экономической и демографической обстановки (снижение уровня и качества жизни, увеличение заболеваемости и т.д.). В свою очередь эти явления через обратные связи влияют на дальнейшее развитие водопользования (увеличение затрат на регенерацию водных ресурсов, переориентацию на новые технологии).

Можно выделить два способа взаимодействия общества и природы, закономерно сменяющие друг друга по мере повышения материальных потребностей цивилизации [2].

1. Возобновление водных ресурсов происходит за счет природных механизмов. При этом регенерацию водных ресурсов обеспечивают известные биопродукционные, климатические и гидрологические процессы, осуществляемые за счет солнечной и гравитационной энергии. Исторически это самый первый тип водопользования, когда общество тратится лишь на добычу ресурсов и не несет никаких расходов на их восстановление (этап «водоснабжения»).

2. Возобновление водных ресурсов идет за счет как естественных, так и антропогенных механизмов, что дает возможность увеличивать количество используемых ресурсов и поддерживать интенсивность их восстановления на уровне, недоступном одной природе. Начало этого этапа связано с необходимостью изменения естественного режима водоисточников путем пространственно-временного перераспределения водных ресурсов и восстановления их качества для удовлетворения возросшего спроса на воду. Современная цивилизация реализует такую стратегию уже почти во всех видах своей водохозяйственной деятельности (этап «водообеспечения»).

Главная цель материальной активности общества заключается в увеличении объемов производства и на ее достижение направлена вся тактика и стратегия развития водопользования.

Концепция устойчивости, предложенная Комиссией ООН по экологии и развитию, предполагает гармонизацию двух подходов к природопользованию, признававшихся ранее антагонистическими – охрана окружающей среды с одной стороны, и социально-экономическое развитие с другой [5]. Рекомендуемый метод не идентичен доктрине сохранения естественного состояния водноресурсного равновесия, которая в условиях реально существующего водопользования представляется утопичной. Предлагаемая концепция, являясь более гибкой, допускает возможность компромиссного согласования интересов экологии и экономики, оформляемых в виде ряда предельно допустимых (критических) констант, составляющих нормативную базу управления. Со временем критические константы системы могут изменяться как в сторону «ужесточения», так и «ослабления» порога допустимости антропогенных воздействий.

Типовой путь развития водопользования и формирования водных кризисов в полной мере реализовался в трансграничном бессточном бассейне Аральского моря. На первой стадии развития (1960-91 гг.) за счет увеличения объемов сельскохозяйственного водопотребления (на орошение) в условиях климатически обусловленного маловодья произошло нарушение естественного водно-ресурсного равновесия в бассейне, при котором речной приток в конечной водоем – Аральское море – сократился более чем в три раза (в отдельные годы до нуля), что явилось причи-

ной снижения уровня моря с 53,0 до 40,0 м и уменьшением акватории 66,0 до 39,6 тыс. км². Развитие водного дисбаланса в бассейне с усыханием и осолонением моря привело к нарастанию целой гаммы негативных последствий, что явилось основанием официального признания Приаралья зоной кризиса.

Наряду с объективными причинами экстенсивного развития орошения в бассейне Аральского моря имели место ошибочные представления о допустимости широких масштабов воздействия на окружающую среду. Не придавалось серьезного значения снижению уровня Аральского моря, при этом в некоторых работах море признавалось лишь бесполезным испарителем воды.

В разработанной Институтом географии концепции преодоления Аральского кризиса рекомендовалось компромиссное согласование интересов экологии (Аральского моря) и экономики (орошаемого земледелия) при приоритете восстановления моря как целостного солоноватого водоема [3, 4]. В качестве критических констант водно-ресурсного равновесия предлагалось сохранение моря на отметке уровня 43,0 м при площади акватории 31,4 тыс. км² за счет нормативного обеспечения речного притока в море в объеме до 40 км³/год путем реализации в течение 20 лет программы интенсификации водопользования в сфере производства.

Однако в концепции улучшения социально-экономического и экологического состояния в Приаралье, утвержденной главами пяти государств Центральной Азии, подчеркивалась невозможность восстановления Аральского моря в его первоначальном состоянии и рекомендовалось создание нового устойчивого природно-антропогенного комплекса на его территории путем обводнения и лесомелиорации [6]. Концепция получила развитие в создании в котловине усыхающего Арала проточного водоема – Северного (Малого) Аральского моря (САМ) на отметке уровня 342,0 м абс. с акваторией 3,55 тыс. м² (табл. 1, рис. 1-а).

Наполнение САМ позволило предотвратить развитие процессов опустынивания в Казахском Приаралье, сократив воздействие пыле-солевых выносов на прилегающую территорию, восстановить уловы рыбы в опресненной воде и создать условия для организации хозяйственной деятельности на стабильных берегах и способствовало решению острых социальных проблем Приаралья [7].

Потенциальной зоной водного кризиса является трансграничный бессточный бассейн озера Балкаш, где развитие водопользования напоминает Аральский сценарий. В условно-естественный период возобновляемые ресурсы речного стока Казахской части бассейна составляли 24,76 км³/год, из которых трансграничный сток реки Иле с территории КНР составлял 11,45 км³/год, обеспечивая среднесуточный уровень озера на отметке 342,0 м абс. [7].

1971–1990 годы стали периодом острой дестабилизации состояния Иле-Балкашской аквасистемы, обусловленной активизацией хозяйственной деятельности в регионе, совпавшей по времени с наступлением естественной фазы маловодья в многолетнем режиме речного стока.

Обусловленные процессами усыхания и осолонения озера Балкаш негативные последствия для экологии и экономики заставили пересмотреть концепцию и программу развития Иле-Балкашского региона и определить, как приоритетную задачу восстановления и сохранения озера – водного объекта особого государственного значения [7].

Таблица 1 - Состояние бессточных водоемов как индикатор развития водных кризисов

| Параметры водоемов | Аральское море | | | Озеро Балкаш | | |
|---|------------------------|------------------------------|-------|------------------------|------------------------------|-----------|
| | Естественное состояние | Трансформированное состояние | | Естественное состояние | Трансформированное состояние | |
| | | Рекомендуемое | Факт. | | Рекомендуемое | Ожидаемое |
| Речной приток (км ³ /год) | 56,8 | 40,0 | 7,6 | 15,1 | 12,0 | 9,0 |
| Отметка уровня (м), в т.ч.: | 53,0 | 43,0 | - | 342,0 | 340,0 | - |
| приоритетной акватории | - | - | 42,0 | - | - | 340,0 |
| остаточной акватории | - | - | 30,0 | - | - | 331,1 |
| Площадь водной поверхности (тыс. км ²), в т.ч.: | 66,0 | 31,4 | 8,70 | 18,21 | 14,12 | 10,56 |
| приоритетной акватории | - | - | 3,55 | - | - | 8,44 |
| остаточной акватории | - | - | 5,15 | - | - | 2,12 |

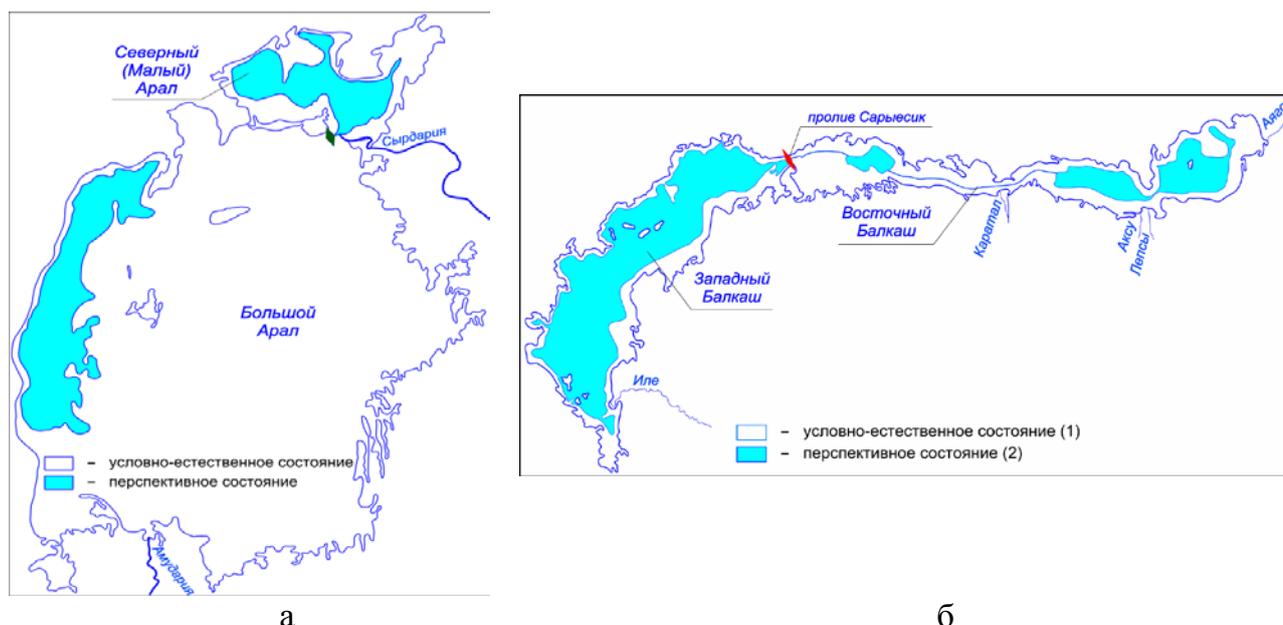


Рисунок 1 - Прогноз уровней Аральского моря (а) и озера Балкаш (б)

Согласно экспертным оценкам в связи с ожидаемым уменьшением трансграничного стока реки Иле с территории КНР и наступлением климатически обуслов-

ленного маловодья возобновляемые водные ресурсы в казахстанской части бассейна озера Балкаш в перспективе снизятся до 16 км³/год [7].

Поддержание приемлемого водно-солевого режима озера в условиях неблагоприятных изменений ресурсов речного стока в бассейне является приоритетной задачей региональной водной стратегии. Исторически рассматривались две принципиально различные альтернативы:

- сохранение целостного озера в размерах, обеспечивающих выполнение им основных экологических и социально-экономических функций;
- преимущественное сохранение западной части озера как наиболее важной в социально-экономическом плане и более подверженной нарушениям гомеостаза.

Соответственно выделяют две региональные стратегии сбалансированного водопользования в Иле-Балкашском бассейне – экологическую и хозяйственную, различающиеся величиной ресурсов речного стока, выделяемых для питания озера. С позиции идеологии устойчивости хозяйственную альтернативу следует рассматривать лишь как исключительный, вариант развития, обусловленный неблагоприятно складывающейся экономической обстановкой в регионе и республике.

В рамках экологической стратегии предполагается возможность сохранения целостного озера на отметках равновесного уровня 341,0–340,0 м абс. (рис. 1-б). При этом можно выделить три равновесных состояния оз. Балкаш: экологического оптимума (отметка уровня 341,0 м абс.), обеспечивающий сохранение озера в рамках естественного состояния; критического состояния, соответствующий минимальному значению уровня (340,5 м абс.), отмеченному в последнем внутривековом цикле увлажненности бассейна; предельного состояния (340,0 м абс.), соответствующий минимальному уровню, при котором предполагается сохранить основные общественно полезные функции озера.

Установленные нормативы равновесного состояния оз. Балкаш обеспечиваются среднемноголетним притоком речных вод в объеме 14, 13 и 12 км³/год соответственно. Для создания необходимой проточности в Западном Балкаше (с коэффициентом водообмена 0,03) балансовый переток между западными и восточными плёсами озера должен составлять 2,6, 2,3 и 2,0 км³/год. Следовательно, годовой приток р. Иле в озеро, установленный из расчета компенсации потерь воды на испарение в западных плёсах и обеспечение балансового водоперетока, должен составлять в среднем 10,8, 10,0 и 9,2 км³/год. Установленные нормативы притока речных вод в озеро Балкаш следует рассматривать как ограничение расходования ресурсов поверхностных вод на водосборной части бассейна.

Хозяйственная стратегия водопользования ориентирована на меньшие лимиты речного стока, выделяемые для питания озера, и предполагает создание предпочтительного водно-солевого режима для западной части озера. Более высокие общественно полезные функции Западного Балкаша определяются его ролью как источника водоснабжения объектов Северного Прибалкашья, а также как основного дельтоформирующего фактора р. Иле (базиса эрозии). Эта стратегия предполагает сохранение Западного Балкаша на отметке «предельного» уровня (340,0 м абс.) при среднемноголетнем притоке Иле в озеро 9,2 км³/год (рис. 1-б). Равновесное состояние восточных плёсов озера в данном случае определяется по остаточному принципу в зависимости от суммарного речного притока. В рамках стратегии намечается искусственное регулирование водообмена между западной и восточной частями озера.

Список использованных источников

1. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М.: Мысль, 1988. 524 с.

2. Люри Д.И. Развитие ресурсопользования и экологические кризисы. М.: ООО «Издательство Дельта», 1997 г. С. 1-6.
 3. Султангазин У.М., Мукитанов Н.К., Гельдыева Г.В., Мальковский И.М. Концепция сохранения и восстановления Аральского моря и нормализации экологической и социально-экономической ситуации в Приаралье // Научно-теоретический журнал «Проблемы освоения пустынь». Ашхабад: Ылым, 1991. № 3-4. С. 97-107.
 4. Такано Й., Мукитанов Н.К., Мальковский И.М. Концептуальные основы межгосударственной программы ликвидации последствий Аральского кризиса // Мир науки. Всемирная федерация научных работников, 1992. № 3. С. 16-19.
 5. Программа действий. Конференция ООН по Окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро, 1992 г. Женева, 1993. 70 с.
 6. Южное Приаралье – новые перспективы. Ташкент, 2002. С. 17-21.
- Мальковский И.М. Географические основы водообеспечения природно-хозяйственных систем Казахстана. Алматы, 2008. 204 с.

УДК 551.4:571.6

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОСОБЕННОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДОСБОРОВ БАСЕЙНА РЕКИ КАРАТАЛ

Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, К. Жанымхан

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

В настоящее время при комплексном обустройстве водосборов речных бассейнов их рассматривают как целостную систему, как генетически однородные территории (водосборы) для создания агроландшафтов, где природопользование оптимизировано на научной основе, и увеличение продуктивности земель проводится при сохранении, а в случае необходимости и при повышении общей экологической устойчивости ландшафтов.

При комплексном обустройстве водосборов бассейна реки катенарный подход является основой геоморфологической схематизации катены, которая состоит из четырех фаций с разным высотным взаиморасположением. Элювиальная фация составляет возвышенность у водораздельной линии, трансэлювиальная - склон до точки перегиба, трансаккумулятивная - склон после точки перегиба, супераквальная - низина надпойменных террас. Поймы рек, несмотря на их значимость, в работе не рассматривались. Трансэлювиальная и трансаккумулятивная фации образуют транзитную фацию склона, а супераквальная фация примыкает к водотоку [1].

Объектом исследования выбран водосбор бассейна реки Каратал длиной 390 км, площадью 19,1 тыс. км², который образуется при слиянии трёх речек, называющихся Текли-арык, Чаджа и Кора. Их истоки находятся на высоте 3200-3900 м. Начальные 160 км носят горный характер, из Джунгарского Алатау и ниже слияния Карой и Чиже река выходит на широкую межгорную равнину. Другие притоки - Кара, Теректы, Лаба, Балыкты, Мокур и самая многоводная Коксу. После впадения притока реки Коксу Каратал течет по песчаной пустыне Южного Прибалхашья. На расстоянии 40 км от устья река имеет дельту площадью 860 км². По данным многолетних наблюдений среднегодовой расход воды реки Каратал в створе Уштобе составляет 66,7 м³/с, или 2,1 км³/год.

В водосборном бассейне реки Каратал расположены четыре района Алматинской области с общей площадью 47100 тыс. км² и населением 191279 человек (табл.1).

Таблица 1 – Административное деление бассейна реки Каратал

| Район | Площадь | | Население | | |
|---------------|---------------------|------|-----------|----------------------|------|
| | тыс.км ² | % | человек | км ² /чел | % |
| Ескельдинский | 4300 | 9.1 | 50436 | 85.25 | 26.4 |
| Караталский | 24200 | 51.3 | 48663 | 497.30 | 25.4 |
| Кербулакский | 11500 | 24.4 | 51894 | 221.60 | 27.1 |
| Коксуский | 7100 | 15.2 | 40286 | 176.24 | 21.1 |
| Итого: | 47100 | 100 | 191279 | 246.23 | 100 |

Для геоморфологического анализа и морфометрической схематизации водосборов бассейна реки Каратал использованы геосистемный и катенарный подходы, опирающиеся на геосистемный (ландшафтный) подход.

Основные цели и функции обустройства речных водосборов разработаны А.И. Головановым [2], где водосборы рассматриваются как особым образом объединенные по принципу единства гидрогеохимических потоков геосистемы, выполняющие важные средообразующие или экологические функции и являющиеся пространственным базисом для природопользования.

Систематизация водосборов бассейна реки Каратал выполнена на основе методологии географического подхода в мелиорации и рассмотрения необходимости мелиорации больших территорий с учетом географических показателей. С этой целью проведен анализ и разработаны классификации водосборов по природно-климатическим и физико-географическим показателям. В этой связи становится необходимым геоморфологическое исследование территории ландшафтных провинций и районов, определение таких морфологических показателей рельефа как горизонтальная и вертикальная расчлененность.

Горизонтальная расчлененность – это характерное расстояние между расчленяющими линиями, например, между постоянными и временными водотоками. В вертикальном направлении необходимо было оценить характерное для каждого рассматриваемого физико-географического района высотное расположение элементарных ландшафтов, то есть вертикальную расчлененность рельефа первичными постоянными и временными водотоками (глубину расчленения), под которой понимается характерное превышение местных водоразделов над берегами примыкающих водотоков (рис. 1).

Геоморфологическая схематизация водосбора бассейна реки Каратал произведена на основе методологического подхода А.И. Голованова (рис. 1) [2] и обусловлена литологической основой и положением, которые характеризуются неоднородностью в гидрологическом режиме, в особенностях формирования почвенно-растительного покрова в пределах экосистем ее притоков, которые зависят от природно-климатических условий региона. На территории водосборов бассейна реки Каратал выделяются горная, предгорная, предгорная равнинная и равнинная ландшафтные зоны, которые отличаются суммой биологически активных температур ($\sum t, ^\circ C$), атмосферных осадков (O_c), испаряемостью (E_0) и фотосинтетически активной радиацией (R) (табл. 1):

1. Очень сухая зона (супераквальная фация), где гидротермический коэффициент ($ГТК = O_c / \sum t$), характеризующий влаго- и теплообеспеченность - 0.20-0.30, с суммой температуры воздуха выше 10° , равной 3200-3500 $^\circ C$.

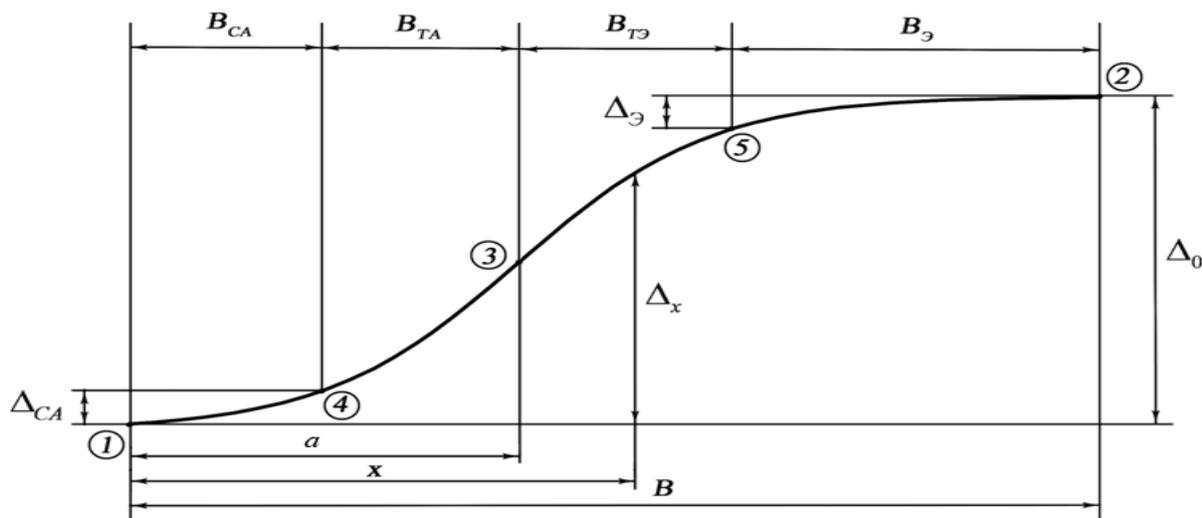


Рисунок 1 - Геоморфологическая схематизация ландшафтной катены: B – ширина ландшафтной катены; B_{ca} , $B_{та}$, $B_{тэ}$, $B_э$ - протяженности соответственно супераквального, трансаккумулятивного, трансэлювиального и элювиального элементарных ландшафтов; Δ_{ca} и $\Delta_э$ - перепады высот соответственно супераквального и элювиального элементарных ландшафтов; 1, 2, 3, 4, 5 – характерные точки [2]

2. Сухая умеренная зона (трансаккумулятивная фация), где гидротермический коэффициент ($ГТК$) – 0.30-0.50 с суммой температуры воздуха выше 10° , равной $3200-3500^\circ\text{C}$.

3. Очень засушливая, предгорная зона (трансэлювиальная фация) с гидротермическим коэффициентом ($ГТК$) – 0.50-0.70 и суммой температуры выше 10° , равной $2800-3200^\circ\text{C}$.

4. Горный район Джунгарского Алатау (элювиальная фация), где гидротермический коэффициент ($ГТК$) < 0.70 с суммой температуры воздуха выше 10° , меньше 2800°C .

На основе таблицы 2, разработана Геоморфологическая схематизация водосбора бассейна реки Каратал от элювиальной до субаквальной фации постепенно уменьшается, что дает возможность на основании их производить геоморфологическую схематизацию ландшафтных катен водосбора (табл. 2).

Как видно из таблиц 2 и 3, приведённая классификация водосборов бассейна реки Каратал в целом совпадает с природно-климатическим и ландшафтным районированием, то есть первая классификация опирается на относительные значения (например, степень увлажнения), а вторая – на абсолютные значения (например, рельеф местности). В силу этого наблюдаются небольшие несоответствия между классификациями и необходимо определиться с основной классификацией [3-7].

Почвенный покров бассейна реки Каратал отличается большим разнообразием, обусловленным климатической неоднородностью территории и горно-равнинным рельефом.

Таблица 2 - Физико-географическое районирование бассейна реки Каратал

| Метеостанция | H , м | Природно- | Показатели физико-географи- |
|--------------|---------|-----------|-----------------------------|
|--------------|---------|-----------|-----------------------------|

| | | климатический район по фациям водосборов рек | ческого районирования | | | |
|---|------|--|-----------------------|--------------------|------------|---------------------------|
| | | | O_c , мм | $\sum t^{\circ C}$ | E_o , мм | R , кДж/см ² |
| Горный класс ландшафтов или элювиальная фация (B_3) | | | | | | |
| Кугалы | 1365 | горная | 350 | 2250 | 675 | 149.0 |
| Кос-Агаш | | горная | 345 | 2300 | 690 | 150.8 |
| Предгорный подкласс ландшафтов или трансэлювиальная фация (B_{m3}) | | | | | | |
| Сарьюзек | 948 | предгорная | 270 | 3000 | 900 | 175.9 |
| Талдыкурган | 602 | предгорная | 230 | 3100 | 930 | 179.5 |
| Предгорный равнинный подкласс ландшафтов или трансаккумулятивная фация (B_{ma}) | | | | | | |
| Уштобе | 428 | предгорно-равнинная | 212 | 3180 | 954 | 182.4 |
| Равнинный класс ландшафтов или супераквальная фация (B_{ca}) | | | | | | |
| Найменуек | 349 | равнинная | 195 | 3200 | 960 | 183.0 |

Природно-климатические показатели водосборов характеризуются: гидротермическим коэффициентом ($ГТК = 10 \cdot O_c / \sum t$), показателем увлажнения ($M_d = O_c / \sum d$), коэффициентом увлажнения ($K_y = O_c / E_o$), оценкой увлажнения ($K_o = O_c / 0.18 \sum t$), индексом сухости ($\bar{R} = R / LO_c$), биолого-климатической продуктивностью ($БКП = K_y (\sum t / 1000)$) (табл. 3).

Таблица 3 - Геоморфологическая схематизация ландшафтных катен водосбора бассейна реки Каратал

| Природно-климатические зоны | | Геоморфологический показатель (абсолютная высота поверхности земли, м) |
|-----------------------------|---------------------|--|
| класс ландшафтных зон | фация | |
| Горная | Элювиальная | <1400 |
| Предгорная | Трансэлювиальная | 600-1400 |
| Предгорная равнинная | Трансаккумулятивная | 450-600 |
| Равнинная | Супераквальная | >450 |

Как видно из таблицы 4, бассейн реки Каратал имеет достаточно высокую теплообеспеченность, так как $ГТК=0.60-1.55$ и $\bar{R}=1.71-3.75$ достаточно высокая. Однако, влагообеспеченность бассейна очень низкая ($K_y=0.20-0.52$), что определяет особенности формирования и функционирования ландшафтных систем.

Для комплексного обустройства больше подходит классификация по природно-климатическим показателям, объединяющая водосборы и их катены в однотипные ландшафтные группы по наиболее значимым показателям по тепловлагообеспеченности [5-7]. Согласно этой классификации необходимо выполнять обоснова-

ние мелиорации сельскохозяйственных земель и оптимизацию инфраструктуры водосборов при их комплексном обустройстве в бассейне реки Каратал.

Таблица 4 – Гидролого-климатическая оценка тепло- и влагообеспеченности бассейна реки Каратал

| Метеостанция | H , м | Среднегодовые за многолетний период | | | | | |
|---|---------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | \bar{R} | $ГТК$ | $БКП$ | K_y | M_d | K_o |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Горный класс ландшафтов или элювиальная фация (B_g) | | | | | | | |
| Кугалы | 1365 | 1.71 | 1.55 | 1.17 | 0.52 | 0.465 | 0.86 |
| Кос-Агаш | 1300 | 1.75 | 1.50 | 1.15 | 0.50 | 0.450 | 0.83 |
| Предгорный подкласс ландшафтов или трансэлювиальная фация ($B_{mэ}$) | | | | | | | |
| Сарьюзек | 948 | 2.50 | 0.9 | 0.90 | 0.30 | 0.270 | 0.50 |
| Талдыкурбан | 602 | 3.12 | 0.7 | 0.78 | 0.25 | 0.210 | 0.43 |
| Предгорный равнинный подкласс ландшафтов или трансаккумулятивная фация (B_{ma}) | | | | | | | |
| Уштобе | 428 | 3.44 | 0.7 | 0.70 | 0.22 | 0.210 | 0.37 |
| Равнинный класс ландшафтов или супераквальная фация (B_{ca}) | | | | | | | |
| Найменушек | 349 | 3.75 | 0.6 | 0.64 | 0.20 | 0.180 | 0.34 |

Список использованных источников

1. Хафизов А.Р., Хазипова А.Ф., Шакиров А.В. Геоморфологический анализ равнинных водосборов Западного Башкортостана при их комплексном обустройстве // Проблемы региональной экологии. - М., 2009.-№5.- С. 125-129.
2. Голованов А. И., Сухарев Ю. И., Шабанов В. В. Комплексное обустройство территорий - дальнейший этап мелиорации земель // Мелиорация и водное хозяйство. - 2006. -№2.-С.25-31.
3. Айдаров, И. П. Комплексное обустройство земель. -М.: МГУП, 2007. -208 с.
4. Брудастов, А. Д. Осушение минеральных и болотных земель. -М.: Сельхозгиз, 1934. - 433с.
5. Голованов, А. И. Мелиорация ландшафтов //Мелиорация и водное хозяйство. - 1993. №3.- С.6-8.
6. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Жанымхан К. Геоморфологический анализ водосборов бассейна реки Каратал// Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию Казахского национального аграрного университета /«Новая стратегия научно-образовательных приоритетов в контексте развития АПК».- Алматы, 2015.- том IV.- С. 34-38.

**ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
РЕЧНОЙ СЕТИ КАЗАХСТАНА**

Т.И. Нарбаев, Т.И. Есполов, Г.К. Исмаилова, К.Т. Нарбаева, У. Онласын
Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

В настоящее время в связи с интенсивным использованием водных ресурсов возникает необходимость выявления характерных особенностей формирования стока речной сети для эффективного и рационального использования вод в отраслях экономики. На территории республики насчитывается около 85 тыс. рек и временных водотоков, из них 7 тысяч имеют длину свыше 10 км. Большая часть рек принадлежит к замкнутым бассейнам Каспийского и Аральского морей, озер Балхаш и Тенгиз. В Казахстане имеется 6 рек с расходом воды от 100 до 1000 м³/сек, 7 рек – от 50 до 100 м³/сек, и 40 рек - от 5 до 50 м³/сек [1]. Характерными особенностями рек рассматриваемой территории являются следующие.

1. Большинство бассейнов главных рек Казахстана обособлено, они не связаны между собой единой гидрографической схемой. Речные воды или теряются в песках, сорах и разливах (рр. Б. и М. Узень, Уил, Тургай, Мура, Сарысу и др.), или впадают в бессточные моря и озера Арало-Каспийского бассейна (рр. Урал, Сырдарья, Иле), не имеющие выхода в океан. Подобная замкнутость имеет место и среди мелких бассейнов. Например, в бассейнах рр. Нура и Сарысу теряющихся русел свыше 17 %, в Каспийском бассейне – 15 % [2].

Выявленная особенность имеет определенное научное значение. Разобщенность гидрографической сети по бассейнам рек в период формирования поверхностного стока во времени (главным образом в маловодные годы) и в пространстве (на отдельных участках по длине реки) свидетельствует о том, что вся площадь водосбора рек не участвует в формировании стока поверхностным путем.

2. Распределение речной сети и стока по территории республики очень неравномерно. Сравнительно густую речную сеть имеют богатые влагой горные районы. К таким районам относятся горы юга и востока Казахстана, наиболее возвышенные части Центрально-Казахстанского мелкосопочника (горы Улутау, Каркаралинские возвышенности, горы Чингистау) и Мугоджары на западе. В этих районах не только зарождается сама речная сеть (прежде всего крупные реки), но и формируется сток. Речные системы получают здесь свое основное питание, что обеспечивает им более густую речную сеть. Потери же здесь (расход влаги) относительно небольшие.

Равнинные части Казахстана имеют очень разреженную сеть или даже не имеют ее совсем (особенно если оценивать по рекам основной сети). Так, речной сети нет или она почти отсутствует на огромных пустынных пространствах Устюрт и Мангышлак, в Приаральских Каракумах, восточной части Моюнкумов, большей части Бетпақдалы, в юго-восточном Прибалхашье и в некоторых других областях.

В заключение приведем несколько цифр, характеризующих густоту основной речной сети на территории Казахстана (в порядке увеличения): густота в бассейне р. Нуры составляет 0,022, р. Уали – 0,13, р. Иртыш (до устья р. Ульбы) – 0,15- 0,20, в левобережье бассейна р. Иле – 0,20-0,40 км/км².

Соответственно речной сети неравномерно распределен и речной сток. Равнинная часть Казахстана, занимающая 85 % (2,3 млн. км²) всей территории, сбрасывает своей речной сетью только 50 млрд. м³ в год. Если принять, что ежегодные ресурсы

поверхностных вод республики составляют 110 млрд. м³, тогда на остальные 15 % соответственно будет 22 и 120 тыс. м³ воды в год [2].

3. Резкая неравномерность стока рек равнинного Казахстана как внутри года, так и в многолетнем аспекте. До 80-90 % всего годового стока приходится на весенний период (апрель-май). Колебания средних годовых и максимальных расходов по годам весьма велики.

Причинами такой неравномерности являются малое общее количество осадков и большое их колебание по годам, большое испарение, бурность и неравномерность из года в год таяния снега, сезонность источников питания рек (поверхностный сток формируется преимущественно за счет осенне-зимних осадков), а также слабая врезанность речных русел в подстилающие почвогрунты. По указанным признакам внутригодового распределения стока Б.Д. Зайков отнес реки Казахстана к специально выделенному им казахстанскому типу.

Неравномерность распределения стока внутри года, как известно, несколько смягчается наличием грунтового потока в меженный период. Но в Казахстане подземный сток имеют преимущественно главные реки. Реки плесового характера и особенно полностью пересыхающие водотоки его не имеют. Это обстоятельство еще более увеличивает неравномерность. В соответствии с указанным, неравномерность в распределении стока увеличивается от более крупных рек к более мелким, кроме того, на сток «малой сети» оказывают большое влияние еще и местные факторы, которые увеличивают указанную неравномерность.

Реки Казахстана в основном имеют различное питание: снеговое, дождевое, ледниковое и подземными водами. Реки равнинной части республики по характеру питания делятся на два типа: снегово-дождевого и преимущественно снегового.

К снегово-дождевому типу питания относятся реки, расположенные в лесостепной и степной зонах. Главные реки этого типа – Есиль и Тобол – весной выходят из берегов, на апрель-июль приходится 50 % годового стока. Реки сначала питаются талыми водами, потом – дождевыми. Самый низкий уровень воды наблюдается в январе, в это время они питаются подземными водами. Реки второго типа – преимущественно снегового типа питания – имеют исключительно весенний сток (85-95 % годового стока). К этому типу питания относятся такие реки, как Урал, и расположенные в пустынной и полупустынной зонах Нура, Сагиз, Эмба, Тургай и Сарысу. Подъем воды в этих реках наблюдается в первой половине весны. Основным источником питания рек – талые воды, поэтому уровень воды весной резко поднимается во времени таяния снегов. В странах СНГ такой режим рек называют казахстанским типом. Например, по реке Нуре за короткое время весной протекает 98 % ее годового стока. Самый низкий уровень воды бывает летом. Некоторые реки совсем пересыхают. После осенних дождей уровень воды в реках немного повышается, а зимой снова понижается.

4. Очень важной особенностью рек Казахстана является отсутствие постоянного поверхностного стока.

По наличию и продолжительности стока все реки Казахстана удобнее разделить на три группы: реки с постоянным стоком, реки, разбивающиеся на плесы (после прохождения половодья) и реки, полностью пересыхающие на всем своем протяжении. Большая часть рек (по количеству) относится к третьей группе. Сюда входит огромное количество малых рек, логов и притоков протяженностью менее 10 км и вся остальная микросеть. В горных районах в эту группу включается мелкие небольшие участки в истоках некоторых других рек. В качестве иллюстрации указан-

ной особенности приведем бассейны рр. Нуры и Сарысу. В этих бассейнах из 618 рек с постоянным стоком только 55 рек (9 %), плесового характера - 100 (15 %), основная же масса рек – 493 (76 %) – пересыхает на всем своем протяжении и действует только в период таяния снега. В Аральском бассейне полностью пересыхают 162 реки (40 %) [3].

Следует отметить и положительное значение пересыхающих рек. Не вскрывая водоносные горизонты, они тем самым сохраняют грунтовые и подрусловые воды от испарения и непроизводительного сброса. Такая роль временных водотоков является одной из причин относительного богатства грунтовыми водами всей территории Казахстана и главным образом пустынных областей с редкой речной сетью.

5. Следует отметить также общую маловодность рек равнинной части Казахстана.

Годовой сток здесь очень мал, модули падают до 0,5-0,7 л/с. Указанное же маловодье связано с отсутствием в этих руслах стока на протяжении большей части года и с общей засушливостью климата. Равнинные реки в зимние месяцы дают 1 % годового стока. Для регулирования речных стоков строят водохранилища. Равнинные реки Казахстана из-за маловодности и медленного течения с наступлением зимы быстро замерзают и в конце ноября – начале декабря покрываются ледовым панцирем. Толщина льда доходит до 70-90 см. В морозные зимы толщина льда на севере республики достигает 190 см, на юге 110 см. Ледовой покров рек сохраняется в течение 2-4 месяцев и начинает таять на юге в начале апреля, а на севере – во второй половине апреля. Весь переносимый рекой твердый материал называют твердым стоком. От его объема зависит мутность воды. Ее измеряют в граммах вещества, содержащегося в 1 м³ воды. Мутность равнинных рек составляет 50-100 г/м³, а в среднем и нижнем течениях - 200 г/м³. Реки западной части Казахстана выносят большое количество рыхлых пород, мутность достигает 500-700 г/м³.

6. Характерной особенностью гидрографии Казахстана является также наличие большого количества мелкой речной сети, о чем указывалось выше.

7. Имеются нерешенные проблемы в водных отношениях с соседними государствами, и в особенности необходимо уделить внимание межгосударственному водodelению в трансграничных бассейнах рек Казахстана, РФ, КНР, Узбекистана и Кыргызстана [4,5].

Таким образом, указанные выше особенности речной сети исследуемой территории осложняют комплексное использование и охрану водных ресурсов республики, требуют широкомасштабных водохозяйственных мероприятий.

Список использованных источников

1. Шкаликов Ф.В. речная сеть Казахстана. Труды КазНИГМИ, 1959, вып. 15, с.90-95
2. Тепляков И.Н., Лаврентьев П.Ф., Абдильдин С.А., Водные ресурсы Казахстана и их использование. Алматы, КазНИИТНИ, 1978, 18-203 с.
3. Вестник Казахстанско-немецкого университета: Устойчивое развитие Центральной – Азии. Специальный выпуск: Водные ресурсы Казахстана: Современное состояние, проблемы, пути их решения. Алматы, 2014, С. 173.
4. Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии. Обзор. Серия публикаций ПРООН в Казахстане. №UNDPKAZ 07.132 с.
5. Окружающая среда и устойчивое развитие в Казахстане. Обзор. Серия публикации ПРООН в Казахстане. №UNDPKAZ 07. с.132

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ СЫРДАРЬИ

М.Ж. Нусипбеков, О.З. Зубаиров, Т.И. Есполов, К.К. Ануарбеков
Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

В настоящее время ухудшается почвенно-мелиоративное состояние массивов орошения, состояние воды р. Сырдарья, экологическое состояние районов, расположенных в ее нижнем течении. Засоленность воды р. Сырдарья 2-3 г/л при максимальных значениях, изменяется - до 1,7-1,8 г/л. При высокой минерализации воды в пределах 1,5 г/л, обычно, гидрокарбонатно-кальциевый тип воды изменяется на сульфатно-кальциевый. Это оказывает отрицательное влияние на урожайность культур. В верхних границах Тогускенского массива сумма растворенных минеральных солей увеличилась до 1,344 г/л [1].

Засоление почвы разнообразно, повышается от 0,896 %. По данным учреждения «Казводхоз» Кызылординской области и «Кызылординской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции», с каждым годом увеличивается площадь засоленных земель. 25 % от общего количества орошаемых земель вышли из оборота. Очень сильно засоленные земли принадлежат Кызылординскому и Казалинскому массивам. Их доля составляет в Кызылординском массиве – 46,9 % и в Казалинском массиве – 46,3% (рис. 1).

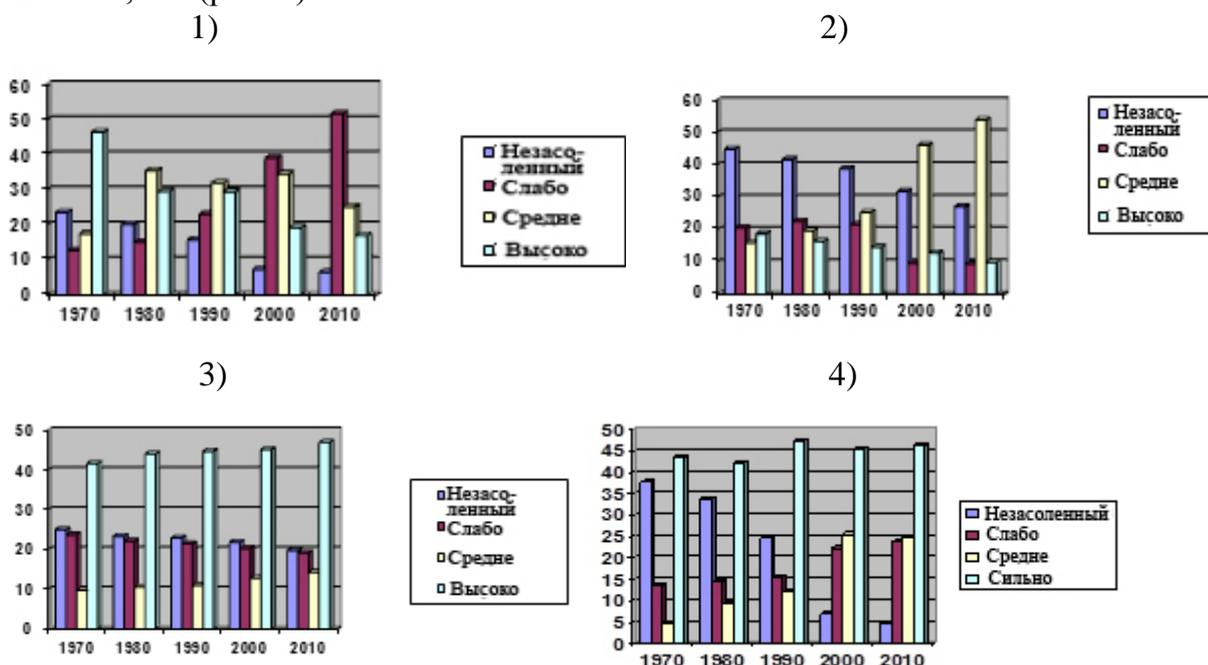


Рисунок 1 - Степень засоления орошаемых земель в нижнем течении р. Сырдарья:
1-Тогускенский массив; 2- Жанакорган-Шиелийский массив;
3- Кызылординский массив; 4- Казалинский массив

Резко понизилась урожайность культур. Регион в основном занимается выращиванием риса. Если в 2012 году из 143,4 тыс. га земель на площади 77,4 тыс. га выращивался рис, то на 7,9 тыс. га земель были посеяны зерновые культуры, на 49,7 тыс. га земель – кормовые культуры, на оставшихся землях посеяны картофель, овощи, сафлор, подсолнечник. Показатели урожайности составили на посе-

вах риса 48,6 ц/га, зерновых культур 26,8 ц/га, кормовых культур 37,3 ц/га. По сравнению с прежними годами это ниже на 3,3 %. [2]

На все это воздействуют ухудшение эколого-мелиоративного состояния земель региона, сильное засоление почвы, изменение гидрохимического режима воды р.Сырдарья, заиливание открытых коллекторов, понижение их дренирующей способности, выход из строя вертикальных дренажных скважин, развитие вторичного засоления из-за выхода из строя дренажных систем, ухудшение экологического состояния региона из-за производства урана и другие факторы.

Исследовательские работы велись на 72 гектарах земли, в 3 вариантах на 3 полях по 24 гектара. Для проведения промывки поле делилось на чеки. Площадь каждого чека 2500 м² (100х25 м²). Всего было 96 чеков. Площадь биополя 5 га. Оно было разделено на пять частей. Площадь каждой части составила 1 гектар. Здесь был посеян камыш.

Площадь каждого варианта 24 га (длина поля 1200 м, ширина 200 м). Между вариантами имеется защитное поле шириной 2 м.

В варианте I подача воды на опытное поле проводилась в производственных условиях, т.е. согласно с ежегодным процессом полива. По контрольному варианту определялась засоленность поступившей в поле и сброшенной с поля воды.

Чек для проведения промывки солей во втором варианте. Здесь по варианту поле было разделено на 96 чеков. Длина каждого чека составила 100м, ширина 25м.

В варианте III подача воды на 1 опытное поле проводилась через биополе, засеянное специально подготовленным плотным камышом. По варианту контроля определялись водно-солевые режимы поступившей на поле и вышедшей с поля воды, а также определялись количество вышедшей с поля воды и ее засоленность. Площадь биополя была разделена на пять частей (каждая по 1 гектару). Каждая часть работает поочередно.

Проведенные мероприятия (биополе, промывка) оказали значительное влияние на рост, развитие и урожайность кукурузы на силос, выращиваемой на опытном поле. Как показали результаты исследования, рост и развитие кукурузы в вегетационный период шли интенсивно в варианте III, при подаче воды через биополе. За один полив площадь листа кукурузы достигла 7600 см². Здесь следует отметить, что по сравнению с вариантом I, при подаче воды через биополе в варианте III рост и развитие площади листа кукурузы была выше на 3000 см².

Самый высокий показатель роста листа кукурузы (7600 см²) зафиксирован на второй (2013 г.) год, т.е. высота растения во время уборки достигла 220 см. Самый высокий урожай листа наблюдался во второй половине июля. В это время проходит фаза выметивания и цветения кукурузы. Во время уборки кукурузы в каждом варианте отбирали образцы урожая (табл. 1).

В варианте с промывкой солей в почве, по сравнению с вариантом I (производственные условия), урожайность была больше на 30-52 ц/га, а в варианте III (при попуске воды через биополе), по сравнению с вариантом I, урожайность кукурузы была больше на 40-83 ц/га. Самая большая урожайность наблюдалась в варианте III.

В год начала проведения опыта культура люцерны была второго года жизни. Культура люцерны поливалась по 7 раз, на каждый гектар было подано 5700 м³/га воды. Культура люцерны скашивалась три раза. При первом укосе по варианту I урожайность составила 116, 171, 131 (418 ц/га), в варианте II в такой же последовательности составила 126, 177, 163 (466 ц/га), в варианте III в такой же последовательности составила 131, 183, 171 (485 ц/га). Полученный урожай показан в таблице 2.

Таблица 1 - Урожайность посевов кукурузы, ц/га

| Варианты | 1-й повтор | 2-й повтор | 3-й повтор | Средняя урожайность | Изменение, по сравнению с вариантом I |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|---------------------|---------------------------------------|
| 2012 год | | | | | |
| I-вариант | 348 | 380 | 352 | 360 | |
| II-вариант | 385 | 390 | 395 | 390 | +30 |
| III-вариант | 390 | 410 | 400 | 400 | +40 |
| 2013 год | | | | | |
| I-вариант | 363 | 366 | 375 | 368 | |
| II-вариант | 410 | 420 | 430 | 420 | +52 |
| III-вариант | 442 | 460 | 451 | 451 | +83 |
| НСР ₀₅ – 27 ц/га, Р,% - 3% | | | | | |

Таблица 2 - Урожайность культуры люцерны, ц/га

| Варианты | 1-й повтор | 2-й повтор | 3-й повтор | Средняя урожайность | Изменение, по сравнению с вариантом I |
|-------------|------------|------------|------------|---------------------|---------------------------------------|
| 2012 год | | | | | |
| I-вариант | 412 | 424 | 418 | 418 | |
| II-вариант | 462 | 468 | 468 | 466 | +48 |
| III-вариант | 475 | 490 | 490 | 485 | +67 |
| 2013 год | | | | | |
| I-вариант | 410 | 414 | 412 | 412 | |
| II-вариант | 452 | 462 | 460 | 458 | +46 |
| III-вариант | 470 | 482 | 476 | 476 | +64 |

Как указано в таблице 2, в 2012 году по сравнению с вариантом I, в варианте II было получено дополнительно 48 ц/га, в варианте III по сравнению с вариантом I, было получено дополнительно 67 ц/га урожая. В 2013 году в такой же последовательности в варианте II было дополнительно получено 46 ц/га, в варианте III - 64 ц/га урожая.

В русло р.Сырдарья в направлении Аральского моря поступают коллекторно-дренажные воды с крупных рисовых массивов Кызылкум, Тогускен и с левобережного Кызылординского массива. Совокупность природных и антропогенных факторов приводит к значительному увеличению засоленности речной воды, увеличению концентрации в ней токсичных солей, появлению в воде техногенных загрязнений в виде токсичных химикатов [3].

Согласно расчетам, за один год в реку Сырдарья вместе с коллекторными водами из массивов орошения поступает 2,5-3,5 млн. т соли. Среднее годовое значение минерализации в районе Томенарыка достигло 1,5-1,7 г/л, в районе Казалы - 1,7-1,8 г/л, а в отдельные периоды максимальное значение повысилось в районе Томенарыка до 2,0 г/л, а в Казалы до 3,0 г/л. При всех значениях минерализации тип ионного состава представляет собой сульфатно-натриевый [4].

Основным направлением при защите поверхностных водных ресурсов от загрязнения является полное прекращение стока загрязняющих сточных и сбросных вод. Для решения проблем, возникающих в связи с кризисным экологическим и социальным положением, сформировавшимся в Сырдарьинском в регионе, необходимо осуществить следующие мероприятия.

Управление процессом водопользования направлено на улучшение организационно-технических мер по оптимизации режима орошения с увеличением коэффициента полезного действия (КПД) каналов, от магистральных каналов до картовых распределителей. За счет повышения КПД всех систем в пределах массива появляется возможность сравнительного увеличения площадей на 57-65 % при том же водозаборе.

За счет перестройки старых систем орошения и применения на них современных технических решений можно повысить коэффициент использования воды (КИВ). Осуществление данного мероприятия требует значительных средств, однако, дает положительный эффект с точки зрения формирования экологически благоприятной среды. Вместе с тем, понижение фильтрационных потерь создаст условия для повышения обратного тока воды с территории орошаемых массивов в сторону песков Кызылкум, это в свою очередь приведет к рассолению орошаемых земель, что в свою очередь создаст условия для получения высокого урожая сельскохозяйственных культур. Повышение КПД каналов сократит объемы водозабора из озера. Это очень выгодно для Аральского моря.

Очистка коллекторно-дренажных вод и их использование в сельском хозяйстве. Для очистки КДВ (коллекторно-дренажных вод) применяется механическая, физико-химическая и природно-биологическая очистка. Первые два метода обходятся очень дорого, по этой причине они имеют ограниченное применение. Поэтому предлагается применение природно-биологической очистки КДВ. По сравнению с биопрудами, эффективнее проводить очистку воды от органических веществ в биополе. На сооружение биополя требуются меньшие расходы, подготовка поливной воды по такой технологии особенно выгодна за счет существенного сокращения вывода загрязняющих веществ.

Аккумулирующие способности макрофитов различны, но высоки для всех видов. Например, обычный камыш в течение вегетации способен выводить из воды примерно 45 г азота, 18 г фосфора, 22 г кадмия и 33 г хлора, а остролистный рогоз соответственно 23, 38, 50 и 70 г. В это время общее количество солей макрофитов 80-100 %, при этом достигается максимальный эффект очистки. Оптимальный состав макрофитов должен определяться для каждой системы орошения отдельно, в зависимости от состава сточных вод [5].

Список использованных источников

1. Материалы Кызылординского областного управления экологии и биоресурсов и химсостава воды р.Сырдарья за 2010-2013 г.г. – Кызылорда, 2013, - 118 с.
2. Итоговый отчет 2013 года по Шиелийскому району. РММ «Кызылординской гидрогеолого-мелиоративной экспедиция», - Кызылорда, 2014. – 78 с.
3. Scharff E. Erfahrungen mit der jandwirtschafteichen Ab //Wasservtung in Braun Schweigwasser and Boden. - 1980. –Vol.32, №1. –P.22-26.
4. Зубаиров О.З., Константинов В.М., Шомантаев А.А. и др. Научно-теоретические основы изменения физико-химических свойств почв при поливе сточными водами. - Кызылорда, 1996. - 15с.
5. Kutch H., Schuh H. Versuch der mathematischen Darstellung der Wasserbedarfskoeffizient für bewässerte Kulturen-Zeitschutz für Bewässerungswirtschaft. – 1980. P. 183-191.

ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ (ОМУ) ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ НА ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ**В.Ю. Павлов**

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

В настоящее время весьма актуальным является вопрос экологического состояния городских территорий. Важную роль в его решении играет создание зелёных насаждений. Помимо посадок древесной растительности, здесь важное значение имеет устройство газонов. Помимо эстетической привлекательности, которую они придают городской территории, газонные травы влияют и на её экологические показатели. Так газонные травы участвуют в поглощении углекислого газа, пыли, препятствуют эрозии городских почв. Создание газонов, как и зелёных насаждений в целом, является отдельной отраслью городского хозяйства и регулируется Правилами создания, содержания и охраны зелёных насаждений города Москвы (Приложение 1 к постановлению Правительства Москвы от 10 сентября 2002 г. № 743-ПП). При их создании предполагается использование многокомпонентных искусственных почвогрунтов. Однако в число групп почв, встречающихся на городских объектах озеленения, включены и обладающие естественным плодородием и не нуждающиеся в добавлении специальных почвогрунтов. В реальности случается так, что городская почва обладает вполне удовлетворительными свойствами. В этом случае можно было бы обойтись без применения многокомпонентного искусственного грунта. Тем самым достигается экономия ресурсов. Для создания газонов на таких почвах достаточно применять органоминеральные удобрения.

Правилами создания, содержания и охраны зелёных насаждений города Москвы предусматривается внесение минеральных удобрений при закладке газонов. Однако при внесении не в «чистом виде», а в сочетании с различными органическими субстратами происходит их адсорбция, что обеспечивает не одновременное, а постепенное поступление действующего вещества в почву. Это обеспечивает более щадящий режим питания газонных растений. В этом преимущество органоминеральных удобрений.

Такое органоминеральное удобрение (ОМУ) было создано на основе сапропеля. Задачей исследования была попытка выработки подходов для адаптации к применению ОМУ и проверка его эффективности при выращивании многолетних злаковых трав на городских почвах, а также определение оптимальной дозы внесения удобрения. С этой целью были заложены вегетационные опыты.

Для первого опыта были взяты сосуды объёмом 500 мл. В каждый было помещено 520 г воздушно-сухой городской почвы, которая была увлажнена до весовой влажности 16 %. Эта влажность поддерживалась в течение всего опыта. В сосуды высевалось по 300 мг семян тимофеевки луговой (*Phleum pratense*).

Всего было заложено 5 вариантов опыта: 1. Контроль (без удобрения); 2. Доза ОМУ 2,5 г/кг почвы; 3. Доза ОМУ 5 г/кг почвы; 4. Доза ОМУ 7,5 г/кг почвы; 5. Доза ОМУ 10 г/кг почвы. Каждый вариант состоял из трёх повторностей. Продолжительность опыта - 26 дней. По окончании был произведен учёт числа побегов и сухой массы надземных частей растений. Всходы появились через 4 дня после посева. Общий вид опыта представлен на рисунке 1. Наибольшее число всходов травы

наблюдалось на варианте 2, где количество внесённого удобрения было наименьшим (табл. 1).

Таблица 1 - Показатели роста растений тимфеевки луговой в тестовом опыте

| Варианты | Число побегов (среднее по повторностям)/сосуд | Сухая масса надземной части растений, мг/сосуд |
|-------------|---|--|
| 1. Контроль | 166 | 128 |
| 2. 2,5 г/кг | 202 | 227 |
| 3. 5 г/кг | 169 | 199 |
| 4. 7,5 г/кг | 153 | 188 |
| 5. 10 г/кг | 132 | 174 |



Рисунок 1 - Варианты опыта на 19 день после посева

На других вариантах наблюдалось меньшее число побегов, и их количество фактически не превышало таковое на контроле.

Также в варианте 2 растениями была набрана наибольшая надземная фитомасса по сравнению с другими вариантами. При этом и остальные варианты по этому показателю превысили контроль. По вариантам последовательно с увеличением дозы удобрения наблюдается уменьшение прироста фитомассы. Таким образом, наименьшая доза ОМУ в опыте - 2,5 г/кг почвы – оказалась наиболее рациональной.

Во второй серии опыта первые два варианта были аналогичны предыдущим. Третий - представлял собой использование смеси почвы с газонным грунтом производства фирмы «Русские газоны» (весовое соотношение грунта и почвы 1:3 соответствующее слою экогрунта 10 см). В сосуды объёмом 2000 мл было заложено по 2,08 кг почвы либо её смеси с экогрунтом (в зависимости от варианта). Почва была увлажнена до весовой влажности 18 %, которая поддерживалась в течение всего опыта.

Всего было заложено 3 варианта опыта: 1. Контроль (без удобрений); 2. ОМУ 2,5 г/кг почвы; 3. Экогрунт. В каждый сосуд было высеяно по 700 мг семян травосмеси, состоящей из 5 видов трав. Каждый вариант был заложен в 3 повторностях. Травостой в вегетационных сосудах при достижении ими высоты 15 см подвергался 2-х кратному срезанию на высоту 5 см. Продолжительность опыта 43 дня. В период его проведения проводился двукратный учёт числа побегов в травостое и трёхкратный учёт прироста надземной фитомассы. Всходы появились через 5 дней после посева. Общий вид опыта представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 - Растения на 42-й день опыта, перед уборкой

Изменение числа побегов в опыте представлено в таблице 2.

Таблица 2 - Среднее число побегов травостоя в вариантах вегетационного опыта

| Вариант | 1-й учёт | 2-й учёт | Изменение числа побегов за период вегетации |
|--------------|----------|----------|---|
| Контроль | 135 | 143 | 8 |
| ОМУ 2,5 г/кг | 128 | 140 | 12 |
| Экогрунт | 121 | 116 | -5 |

Исходя из результатов видно, что варианты, где применяются, соответственно, ОМУ и экогрунт по абсолютному числу побегов не превысили контроля. Однако динамика увеличения числа побегов в случае с ОМУ более выражена по сравнению с контролем. Это позволяет предположить, что при дальнейшем развитии травостоя по величине абсолютного числа побегов вариант с применением ОМУ превзойдёт контрольный вариант.

Динамика прироста надземной массы растений представлена в таблице 3.

Видно, что по величине прироста фитомассы в динамике вариант, где применяется ОМУ, опережает остальные варианты. Это демонстрирует лучшую жизнеспособность растений, их способность восстанавливаться при применении органи-

минерального удобрения. Вариант с применением экогрунта не показал его положительного влияния на рост и развитие травостоя многолетних злаковых трав.

Таблица 3 - Фитомасса надземной части растений в разных вариантах по укосам

| Вариант | Фитомасса по укосам, мг | | |
|--------------|-------------------------|----------|---------------|
| | 1-й укос | 2-й укос | Уборка урожая |
| Контроль | 122 | 214 | 686 |
| ОМУ 2,5 г/кг | 150 | 232 | 939 |
| Экогрунт | 148 | 185 | 596 |

Исходя из анализа результатов, можно заключить, что при соответствующих благоприятных почвенных условиях применение органоминеральных удобрений (ОМУ) для восстановления травостоя многолетних злаковых трав будет давать положительные результаты.

УДК 628.1: 626.82

СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУППЫ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ УСТАНОВОК ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ И ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

А.В. Петроченко

Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины, г. Киев, Украина

Ни одна сфера деятельности человека не обходится без воды. Но прежде всего человеку нужна чистая высококачественная пресная вода. В условиях увеличивающегося с каждым годом техногенного загрязнения водных источников возникает необходимость внедрения новых более эффективных технологий очистки воды, в том числе с использованием водоочистных установок заводского изготовления, которые находят все более широкое применение в системах водоснабжения сельских населенных пунктов и в капельном орошении.

Актуальность применения установок для локальной очистки воды в системах водоснабжения сел на Украине возрастает по следующим причинам. В стране насчитывается 1323 сельских населенных пунктов, в которых проживает свыше 950 тыс. человек, где в результате природных и техногенных причин отсутствуют гарантированные источники водоснабжения, а жители этих поселений вынуждены частично или полностью пользоваться некачественной или привозной водой. Строительство на Украине групповых водопроводов позволило за последние 40 лет обеспечить централизованным водоснабжением 24 % сельского населения страны. Однако, ввиду значительного удаления источников водозабора от потребителей, вода в процессе ее транспортировки групповыми водопроводами загрязняется и теряет свои органолептические свойства. Поэтому возникает необходимость выполнять доочистку необходимого количества воды на локальных очистных установках до норматива питьевой воды [1].

Актуальность увеличения объемов применения при капельном орошении установок для локальной очистки воды аргументируется как увеличением объемов применения капельного орошения в условиях возрастающего дефицита воды, так и необходимостью обеспечения работоспособности оросительной системы при за-

грязнении природных водных источников. Если за период с 1990 по 2015 год общая площадь орошаемых земель на Украине уменьшилась с 2,2 млн. га до 500 тыс. га, то площадь земель капельного орошения за этот период увеличилась более чем в 10 раз.

Основными показателями качества воды, влияющими на работоспособность и эффективность эксплуатации систем капельного орошения, являются агрессивность воды и наличие в ней взвешенных частиц. Агрессивность воды способствует образованию в трубопроводах продуктов коррозии, которые вместе со взвешенными в воде частицами минерального и органического состава вызывают заиливание и закупорку мелких водотоков и микроводовыпусков (капельниц и эмиттеров). Допустимые для капельного орошения размеры взвешенных в воде частиц и их концентрация регламентируется документом [2] (табл. 1).

Таблица 1 - Допустимые параметры взвешенных частиц в воде [2]

| Размер проходных отверстий водовыпусков, мм | Взвешенные частицы | | Гидробионты | |
|---|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|
| | Концентрация, г/дм ³ | Размер частиц, мкм | Концентрация, г/дм ³ | Размер частиц, мкм |
| Менее 1,0 | 30-50 | Менее 50 | Менее 5 | Менее 50 |
| От 1,0 до 2,0 | 50-100 | Менее 70 | От 5 до 10 | Менее 100 |
| Более 2,0 | 100-300 | Менее 100 | От 10 до 15 | Менее 150 |

Для локальной очистки воды применяют водоочистные установки заводского изготовления в металлических или пластмассовых корпусах, в которых могут устанавливаться различные фильтры: песчаные, сетчатые, пенополистирольные, угольные, ионообменные, дисковые, сорбционные и пр. При капельном орошении чаще используются водоочистные установки с песчано-гравийными фильтрами, которые выпускает, например, компания «РОСТА», г. Мелитополь [3].

В системах водоснабжения в последнее время стали применять установки мембранной фильтрации, в которых исходную воду под давлением пропускают через пористые полупроницаемые мембраны, работающие как тончайшее сито. Мембраны способны задерживать мелкодисперсные частицы (взвеси, коллоиды, вирусы, бактерии) и даже большую часть растворенных веществ. В Украине сборку и монтаж установок мембранной фильтрации воды типа диско-трубчатых (ДТ) модулей (рис. 1), а также на основе полых волокон **MICROZA**, осуществляет ООО НПП «Эпром Инжиниринг», г. Запорожье.

Проектирование и изготовление водоочистных установок осуществляют по принципу модульности. При этом систему очистки воды, в зависимости от ее расчетной производительности, комплектуют в виде группы (блока) параллельно работающих установок определенного модуля (рис. 1).

По истечении определенного периода работы (фильтроцикла) группы параллельно работающих установок, фильтры загрязняются, после чего необходимо восстанавливать их работоспособность. В зависимости от конструктивных особенностей очистных установок, восстановление фильтров осуществляют путем их замены, механической очистки или обратной промывки. На рисунке 2а показана схема очистки воды блоком из четырех параллельно работающих водоочистных установок, в которой предусмотрена обратная промывка фильтров.



Рисунок 1 - Система очистки воды группой параллельно работающих мембранных диско-трубчатых модулей

Существующая технология очистки воды с помощью группы параллельно работающих установок предусматривает восстановление всех фильтровальных элементов группы одновременно, что является ее основным недостатком. Для схемы на рисунке 2а этот недостаток поясняется с помощью графика 17 расхода воды на одной установке и графика 18 общего расхода воды на всех установках, изображенных на рисунке 2б. При постоянном напоре воды $\Delta p_i = \text{const}$ на протяжении фильтроцикла длительностью T расход воды на одной установке уменьшается от Q_i^{max} в начале до Q_i^{min} в конце фильтроцикла. Учитывая идентичность фильтрационных характеристик всех установок, изготовленных согласно принципу модульности, длительность T_b фильтроцикла группы установок совпадает с T ($T_b = T$), а ординаты графика 18 определяются путем кратного количеству установок увеличения ординат графика 17:

$$Q_b^{\text{max}} = b Q_i^{\text{max}} ; \quad Q_b^{\text{min}} = b Q_i^{\text{min}} , \quad (1)$$

где Q_b^{max} и Q_b^{min} – максимальное и минимальное значение общего расхода воды в группе установок при базовом способе восстановления фильтров, м³/с; b – количество установок при базовом способе восстановления фильтров.

Целью исследований является обоснование нового более эффективного способа восстановления фильтров группы параллельно работающих установок.

Анализ графика 18 на рисунке 2б показывает, что разница ΔQ_b между максимальной Q_b^{max} и минимальной Q_b^{min} величинами общего расхода воды в группе установок для базового варианта восстановления фильтров составляет:

$$\Delta Q_b = Q_b^{\text{max}} - Q_b^{\text{min}} = b(Q_i^{\text{max}} - Q_i^{\text{min}}). \quad (2)$$

При базовом варианте с увеличением количества b водоочистных установок ΔQ_b увеличивается пропорционально количеству b водоочистных установок и достигает достаточно больших значений. В основу расчетов необходимого количества b водоочистных установок принимается величина Q_b^{min} , которая определяется на основе следующего соотношения:

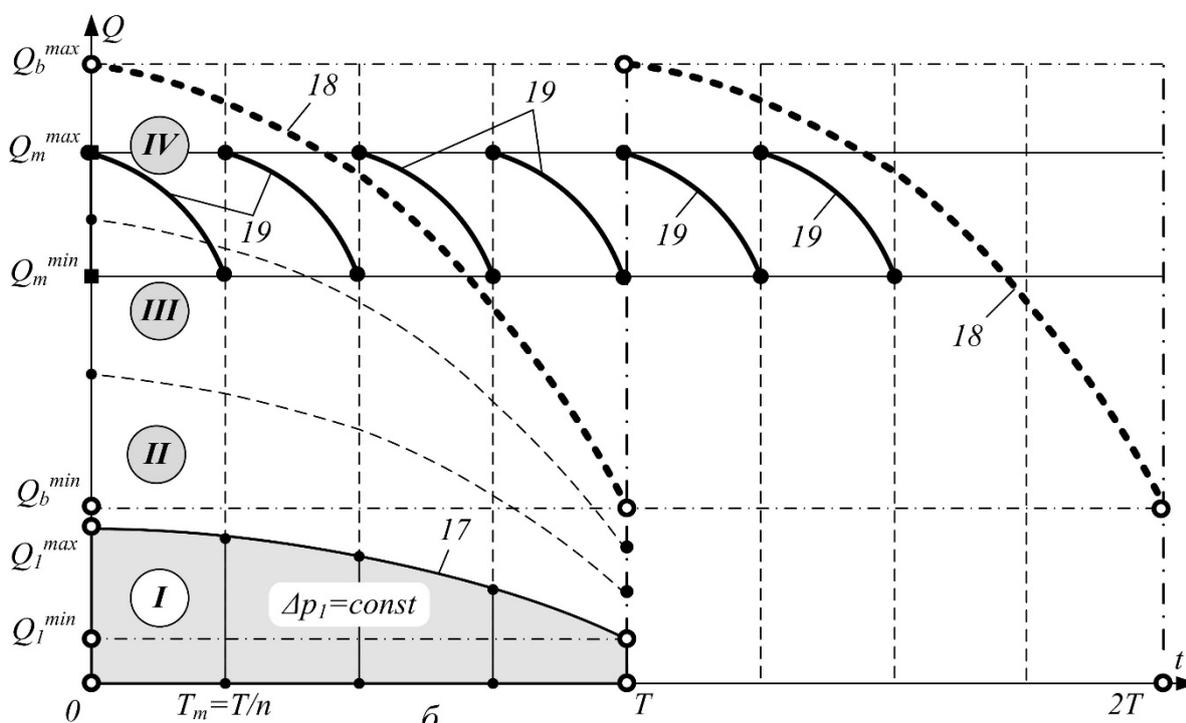
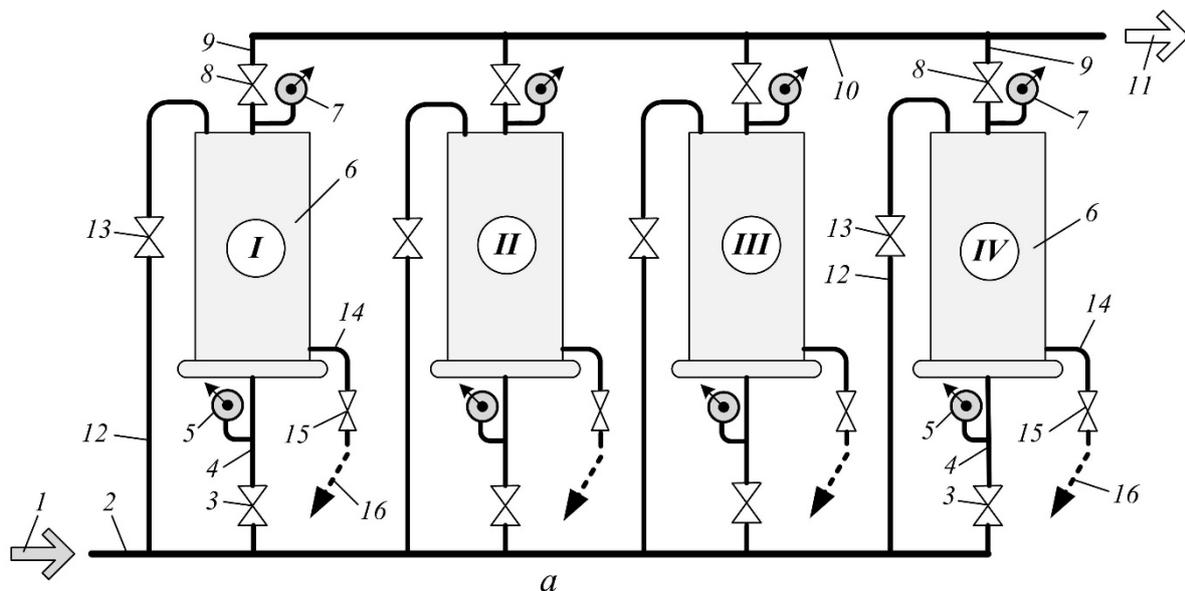


Рисунок 2 - Усовершенствование процесса восстановления фильтровальных элементов блока параллельно работающих водоочистных установок:

a – схема очистки воды блоком параллельно работающих очистных установок; *б* – графики расхода воды в зависимости от вариантов восстановления фильтровальных элементов; 1 – исходная вода; 2 – труба подачи исходной воды; 3 – вентиль; 4 – труба подачи воды в очистную установку; 5 – манометр; 6 – водоочистная установка; 7 – манометр; 8 – вентиль; 9 – труба подачи воды из очистной установки; 10 – труба подачи очищенной воды; 11 – очищенная вода; 12 – трубопровод подачи воды для промывки фильтра; 13 – вентиль; 14 – патрубок отвода воды промывки фильтра; 15 – вентиль; 16 – отвод загрязненной промывочной воды; 17 – график изменения расхода воды в одной установке на протяжении фильтроцикла T при постоянном напоре Δp_l ; 18 – график изменения расхода воды в блоке очистных установок при базовом варианте восстановления фильтровальных элементов; 19 – то же, при новом варианте

$$b = \frac{Q_b^{min}}{Q_i^{min}} = \left\lceil \frac{Q_{np}}{Q_i^{min}} \right\rceil, \quad (3)$$

где Q_{np} – расчетный по проекту общий расход воды группы установок, м³/с; $\lceil \dots \rceil$ – математический символ округления числа до целого в меньшую сторону.

Несложно установить, что для достижения необходимой величины расчетного расхода воды Q_{np} потребуется значительное количество b установок. Визуальный анализ графиков 17 и 18 показывает, что при $b=3\dots5$ общий расход воды Q_b^{min} , который закладывают в основу расчетов группы установок, незначительно отличается от максимального расхода воды одной установки. Для улучшения режима работы группы параллельно работающих установок, уменьшения их количества и снижения себестоимости очистки воды предложен новый способ восстановления фильтров [4], который заключается в том, что восстановление фильтров каждой установки осуществляют отдельно в конце их загрязнения, не прекращая процесс очистки воды на других установках. Восстановление фильтра каждой последующей установки начинают после окончания восстановления предыдущего через интервал времени:

$$T_m = T/m, \quad (4)$$

где m – количество параллельно работающих установок, необходимых при использовании нового способа восстановления фильтров.

На рис. 2б показан график 19 общего расхода воды группы установок при новом способе восстановления фильтров. Путем сравнения графика 19, построенного при условии $m=b$, с графиком 18 нетрудно установить преимущества нового способа восстановления фильтров перед базовым.

Ординату Q_m^{max} верхних и ординату Q_m^{min} нижних узловых точек графика 19 определяют по формулам:

$$Q_m^{max} = \sum_{j=1}^{m+1} Q_{ij} - Q_i^{min}; \quad (5) \quad Q_m^{min} = \sum_{j=1}^{m+1} Q_{ij} - Q_i^{max}, \quad (6)$$

где Q_{ij} – ордината графика 17 в конце j -го интервала деления времени T , м³/с.

С использованием формул (5) и (6) определяют разницу между максимальной Q_m^{max} и минимальной Q_m^{min} величинами общего расхода воды в группе установок для нового варианта восстановления фильтров:

$$\Delta Q_m = Q_m^{max} - Q_m^{min}. \quad (7)$$

ΔQ_m в b раз меньше разницы ΔQ_b (2) для базового варианта.

Необходимое количество m водоочистных установок для нового варианта восстановления фильтров определяют на основе следующего соотношения:

$$Q_m^{min} = \sum_{j=1}^{m+1} Q_{ij} - Q_i^{max} \geq Q_{np}. \quad (8)$$

Принимая условие $Q_m^{min} = Q_b^{min}$, экономический эффект \mathcal{E} от применения нового способа рассчитывают по формуле:

$$\mathcal{E} = K_l (b-m), \quad (9)$$

где K_l – стоимость приобретения и монтажа одной водоочистной установки.

Список использованных источников

1. СанПиН 2.2.4-171-10. Государственные Санитарные нормы и правила. «Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком». Утверждены Приказом Минздрава Украины 12.05.2010 №400.

2. ДСТУ 7591: 2014. Национальный стандарт Украины. Качество воды для систем капельного орошения. Агрономические, экологические и технические критерии. Утверждены Минэкономразвития Украины от 2.11.2014 г. № 1430.

3. Пастухов В.І. Підготовка води для краплинного зрошення // В.І. Пастухов, В.В. Тарасенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2013. Вип. 13, т. 3. – С. 129-133.

Патент Украины на полезную модель №105190. Способ очистки воды в параллельно работающих фильтровальных установках в системах водоснабжения. / А.В. Петроченко. – Оpubл. 9.03.2016, бюл. №5.

УДК 631.95

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В КОМПОНЕНТАХ МЕЛИОРАТИВНОЙ СЕТИ ЯХРОМСКОЙ ПОЙМЫ

А.Д. Позднякова, Р.А. Бородкина, Д.А. Мусекаев, Т.В. Михеева
ФГБНУ ВНИИМЗ, г. Тверь, Россия

Интенсификация сельского хозяйства, переход к индустриальным методам производства, мелиоративное строительство и химизация сельскохозяйственных угодий неизбежно приводит к коренному изменению химического состава взаимосвязанных компонентов при функционировании мелиоративных систем: почвы - вносимые агрохимикаты - составляющие водных компонентов мелиоративной сети (дренажные стоки, донные отложения, воды магистрального канала) - речная сеть.

Воды тающих снегов и осадков выносят загрязняющие вещества с дренажными стоками с сельскохозяйственных полей в речную сеть, оказывая негативное воздействие на экологическую обстановку в регионе в целом.

Для оценки степени изменения экосистемных компонентов мелиоративной сети Яхромской поймы Московской области была определена степень интегральной токсичности компонентов мелиоративных систем, степень загрязнения их тяжелыми металлами, как наиболее опасными токсикантами, а также перераспределение загрязнителей в компонентах мелиоративной системы на торфяных почвах.

Определение водной вытяжки из почвы на токсичность производилось на приборе «Биотокс–10». Прибор представляет собой люминометр, предназначенный для проведения экологического мониторинга объектов окружающей среды с использованием тест-объектов «эколюм».

Проведенный анализ токсичности на приборе «Биотокс» для всех компонентов мелиоративной системы: почвы – дренажных стоков – донные отложения в каналах мелиоративной системы и реке Яхроме показал высокий индекс токсичности для всех типов торфяных почв Яхромской поймы. Дренажные воды и донные отложения на участках торфяников в прирусловой части и на участке пирогенеза показали высокую токсичность, в каналах мелиоративной системы были на допустимом уровне, а в реке Яхроме токсичность воды превысила допустимый уровень (табл. 1). Причем, индекс токсичности, определяемый этим методом, предполагает следующие градации: Менее 20 - допустимая степень токсичности, от 20 до 50 - токсичный, более 50 - сильно токсичный.

Определение тяжелых металлов проводилось на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант-2А». Анализ проводился на содержание 5-и тяжелых металлов (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) и Fe, так как известно, что торфяные почвы характеризуются

повышенным содержанием железа. Проведенная оценка уровня загрязнения тяжелыми металлами почв, воды и донных отложений методами атомной абсорбции показала существенное загрязнение ими компонентов мелиоративной сети Яхромской поймы.

Таблица 1 - Индексы токсичности

| Точки отбора образцов | Почва | Вода | Донные отложения |
|--------------------------|-------|-------|------------------|
| Притеррасная часть поймы | 22.22 | | |
| Центральная часть поймы | 39.41 | 14.7 | 10.0 |
| Прирусловая часть поймы | 25.8 | 54.5 | 28.51 |
| Пирогенные торфяники | 58.82 | 63.14 | 68.9 |
| Магистральный канал | | 16.13 | 6.67 |
| Река Яхрома | | 21.43 | 10.34 |

Так можно отметить, что максимальное количество свинца (табл. 2) было в торфяниках центральной и прирусловой части поймы, что связано с наиболее интенсивной эксплуатацией этих территорий в сельскохозяйственном производстве. Максимальная концентрация никеля наблюдалась в притеррасной и прирусловой части поймы, кадмия, меди и цинка - на участках прирусловой и центральной части поймы.

Таблица 2 - Концентрация тяжелых металлов и железа в торфяных почвах Яхромской поймы

| Точки отбора проб почвы | Zn | Fe | Cd | Cu | Ni | Pb |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Притеррасная часть поймы | 0.143 | 0.065 | 0.003 | 0.008 | 0.014 | 0.004 |
| Центральная часть поймы | 0.234 | 0.021 | 0.008 | 0.036 | 0.006 | 0.084 |
| Прирусловая часть поймы | 0.375 | 0.048 | 0.009 | 0.030 | 0.032 | 0.104 |
| Пирогенные торфяники | 0.189 | 0.044 | 0.007 | 0.019 | 0.006 | 0.016 |
| Целинный участок | 0.769 | 0.009 | 0.003 | 0.198 | 0.004 | 0.004 |

Содержание тяжелых металлов в воде каналов мелиоративной сети (табл. 3) показывает, что по ряду металлов (свинец, кадмий) наблюдаются превышения ПДК как рыбохозяйственных, так и гигиенических нормативов.

В донных отложениях водных экосистем мелиоративной системы Яхромской поймы также наблюдается накопление тяжелых металлов (табл. 4).

Таким образом, исследования показали, что степень изменения свойств компонентов мелиоративной сети и уровень накопления токсикантов находятся в зависимости от ботанического состава торфа (притеррасная часть - гипновые торфа, центральная часть - древесно-разнотравные торфа, прирусловая часть - торфа, переслаиваемые минеральными отложениями), так как торфяные почвы относятся к аккумулялирующим системам, а также степени антропогенного воздействия, которое

напрямую связано с видом торфяной залежи и ее гидрологическим режимом, создаваемым мелиоративной системой.

Таблица 3 - Концентрация тяжелых металлов и железа в воде компонентов мелиоративной системы Яхромской поймы

| Точки отбора проб воды | Zn | Fe | Cd | Cu | Ni | Pb |
|---|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Центральная часть поймы - дренажные стоки | 0.006 | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0.028 | 0.018 |
| Прирусловая часть поймы – дренажные стоки | 0.001 | 0.145 | 0.007 | 0.003 | 0.004 | 0.172 |
| Пирогенные торфяники – дренажные стоки | 0.007 | 0.052 | 0.010 | 0.003 | 0.002 | 0.094 |
| Магистральный канал | 0.003 | 0.103 | 0.004 | 0.005 | 0.017 | 0.002 |
| Река Яхрома | 0.0007 | 0.089 | 0.002 | 0.002 | 0.025 | 0.097 |
| гигиенические ПДК | 1 | 0,3 | 0,001 | 1 | 0,02 | 0,01 |
| рыбохозяйственные ПДК | 0.01 | 0.1 | 0.005 | 0.001 | 0.01 | 0.006 |

Таблица 4 - Концентрация тяжелых металлов и железа в донных отложениях мелиоративной сети Яхромской поймы

| Точки отбора проб донных отложений | Zn | Fe | Cd | Cu | Ni | Pb |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Центральная часть поймы | 0.137 | 0.035 | 0.004 | 0.006 | 0.007 | 0.290 |
| Прирусловая часть поймы | 0.120 | 0.008 | 0.001 | 0.032 | 0.004 | 0.296 |
| Пирогенные торфяники | 0.151 | 0.065 | 0.003 | 0.050 | 0.007 | 0.075 |
| Магистральный канал | 0.150 | 0.158 | 0.002 | 0.019 | 0.009 | 0.044 |
| р. Яхрома | 0.412 | 0.018 | 0.001 | 0.055 | 0.011 | 0.083 |

УДК 631.4

СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОЛАНДШАФТОВ САРАТОВСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ОРОШЕНИИ

Н.А. Пронько¹, А.С. Фалькович²

¹ Государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов;

² Саратовский НИГУ им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

В последнее время, когда обострилась проблема обеспечения продовольственной независимости и сокращения импорта продуктов питания, правительство нашей страны, особенно после засух последних лет, начинает уделять все большее внимание возрождению мелиорации земель. Это чрезвычайно важно, учитывая, что площадь состоящих на балансе орошаемых земель сократилась в РФ с 6,16 млн. га в 1990 г. до 4,26 в 2013 г., реально же поливаемая площадь составляет в настоящее время чуть более 2 млн. га. В Саратовской области площадь орошаемых земель сократилась практически вдвое (с 453,5 до 257,3 тыс. га), а реально поливаемая – почти втрое. Возрождая мелиорацию в засушливых левобережных районах Саратовской области, важно помнить о том, что резкие изменения водного баланса под-

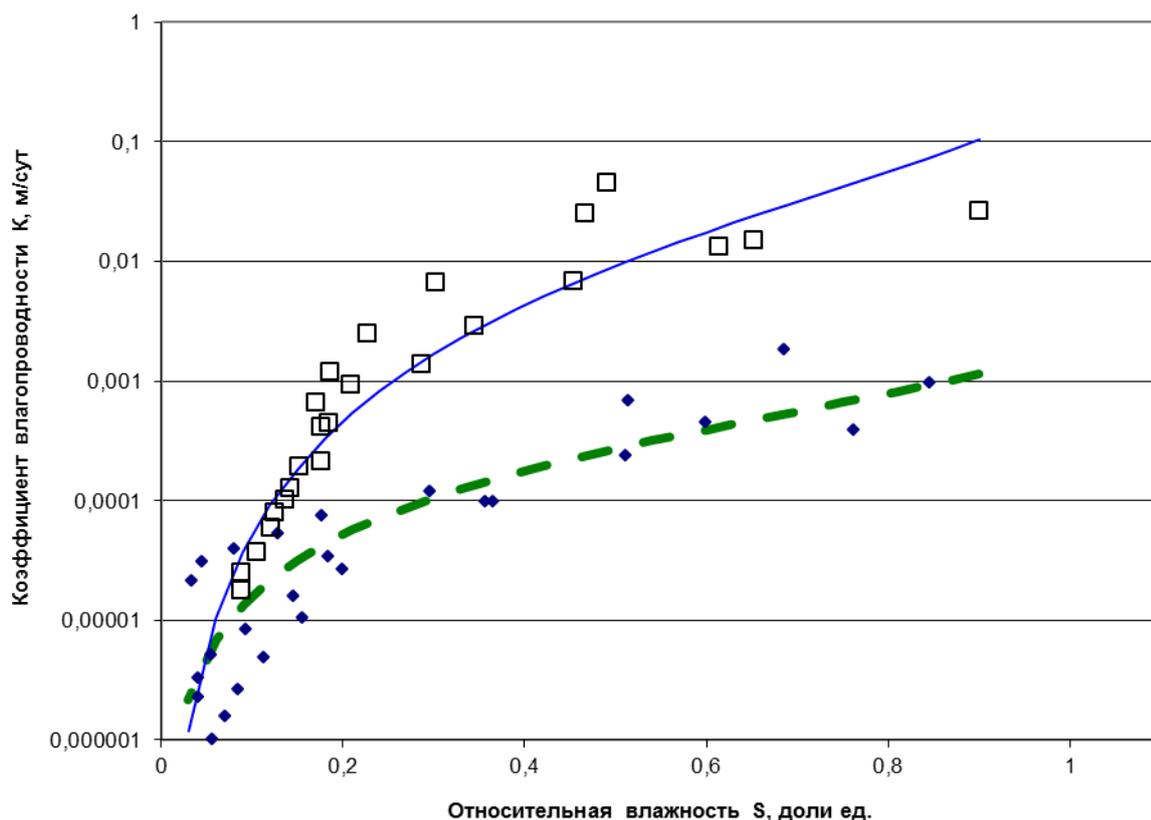
вергшихся оросительным мелиорациям территорий нередко негативно влияли и продолжают влиять на почвенно-мелиоративные и продукционные процессы агроландшафтов региона [1-3]. Одна из основных причин кроется в подъеме грунтовых вод и накоплении водорастворимых солей в корнеобитаемом слое почвы в результате увеличения приходной части водного баланса на 30-60 % от естественного поступления влаги вследствие подачи на поля оросительной воды. Эти процессы приводят к значительному снижению продуктивности земель и даже их выведению из сельскохозяйственного производства.

Рациональное использование орошаемых земель невозможно без предотвращения подъема грунтовых вод и вторичного засоления. Это, в свою очередь, требует прогнозирования водного и солевого режимов, которое наиболее эффективно осуществлять на основе математического моделирования влаго- и солепереноса в почвах и грунтах зоны аэрации. Такое моделирование невозможно без предварительного установления параметров почвенных гидрофизических функций, а также миграции содержащихся в почвенном растворе веществ, для конкретных почвенных разностей. Параметры не являются постоянными величинами и изменяются при значительных техногенных изменениях свойств почв. Характер этих изменений изучен недостаточно. Поэтому целью многолетних исследований было изучение параметров гидрофизических функций, фильтрационных параметров почвогрунтов с различной выраженностью трещиноватости и параметров миграции растворенных веществ в трещиноватых и нетрещиноватых почвогрунтах, их изменений под влиянием деградационных почвенно-мелиоративных процессов и создание базы знаний и данных для моделирования влаго- и солепереноса.

Исследования проводились в 1973-2012 гг. в сухостепной зоне Саратовского Заволжья на землях ОПХ «ВолжНИИГиМ» и ЗАО «Новое» Энгельсского, ЗАО «Агрофирма «Волга» Марковского, ЗАО «Декабрист» Ершовского районов Саратовской области. Объектами исследований были орошаемые темно-каштановые почвы: автоморфные, гидроморфные, неосолонцованные, осолонцованные, трещиноватые, нетрещиноватые.

Для изучения этих почв применялись экспериментальные методы – полевые и лабораторные опыты по изучению физических свойств, фильтрационных параметров, гидрофизических функций, миграционных параметров темно-каштановых почв. Наряду с ними применены теоретические методы исследования – математическое моделирование, системный и геоинформационный анализ, математическая статистика. Полевые эксперименты и обследования мелиорированных земель репрезентативных хозяйств сухостепной зоны проводились согласно принятым методикам.

Экспериментальными исследованиями установлено, что функции водоудерживания и влагопроводности террасовых темно-каштановых почв существенно трансформируются при изменении типа водного питания и состава почвенно-поглощающего комплекса [4]. С уменьшением относительной влажности от 1,0 до 0,1 значения коэффициентов влагопроводности гидроморфных почв уменьшаются с 0,001 до 10^{-5} м/сут, у автоморфных - с 0,1 до 10^{-4} м/сут (рис. 1). Это объясняется организацией структуры порового пространства, обусловленной изменением плотности и характера распределения пор. При влажности, близкой к полной влагоемкости, в осолонцованной почве коэффициент влагопроводности на 3 порядка больше по сравнению с неосолонцованной почвой. Объем доступной для растений влаги у осолонцованной почвы составляет 4,4 % против 17,5 % от объема почвы для неосолонцованной почвы.



- ◆ экспериментальные значения коэффициентов влагопроводности гидроморфных почв;
- экспериментальные значения коэффициентов влагопроводности автоморфных почв;
- расчетная кривая функции влагопроводности гидроморфных почв;
- расчетная кривая функции влагопроводности автоморфных почв

Рисунок 1 - Функции влагопроводности
(зависимости коэффициента влагопроводности K от относительной влажности S)
для автоморфных и гидроморфных темнокаштановых террасовых почв,
слои 40-50, 50-60 см и 70-80 см

Влагопроводность трещиноватых почв, распространенных в Саратовском Заволжье, имеет свои особенности. При влажности, близкой к полной влагоемкости, трещины в значительной степени перекрываются, и коэффициент влагопроводности, достигнув некоторой величины, начинает уменьшаться при дальнейшем увеличении влажности. Исследование влагопроводности при влажности, близкой к полной влагоемкости, проводилось методом промывки монолитов.

Итоговая зависимость коэффициента влагопроводности K от объемной влажности θ (функция влагопроводности) была построена по объединенным данным лабораторного опыта по промывке монолитов при влажности, близкой к полной влагоемкости, и результатам капилляриметрического эксперимента при меньших значениях влажности. Для трещиноватых почв разработано аналитическое представление функции влагопроводности в форме экспоненциальной зависимости:

$$K = \begin{cases} K_F e^{a\theta^2 + b\theta + c}, & \text{если } \theta < \theta_p \\ K_F, & \text{если } \theta = \theta_p \end{cases}, \quad (1)$$

где θ_p – объемная влажность при полном насыщении; K_F – коэффициент фильтрации при полном насыщении, м/сут; a , b , c – регрессионные параметры. В этой зависимости величина θ не может превышать значения пористости [5].

Для темно-каштановых сыртовых почв по данным экспериментов на монолитах и капилляриметре были определены указанные выше параметры и получена зависимость

$$K(\theta) = 0,3 \frac{\text{м}}{\text{сут}} \cdot e^{-0,1562\theta^2 + 11,903\theta - 221,82} \quad (2)$$

с уровнем достоверности $R^2 = 0,997$.

Исследованиями параметров миграции растворенных в почвенной влаге веществ установлено, что солеперенос в нетрещиноватых почвах лучше описывается уравнением конвективной диффузии, в трещиноватых почвах – модифицированным уравнением конвективной диффузии, учитывающим обмен солями между транзитными порами и остальной частью порового пространства. Коэффициент конвективной диффузии для почв с выраженной трещиноватостью равен $3 \cdot 10^{-3}$ м²/сут, для нетрещиноватых почв – находится в пределах $2 \cdot 10^{-4} \div 5,5 \cdot 10^{-4}$ м²/сут.

Кроме параметров почвенных гидрофизических функций и параметров миграции растворенных в почвенном растворе веществ, для математического моделирования влаго- и солепереноса необходим большой объем данных и знаний, накапливаемых в процессе мониторинга мелиорированных земель и научных исследований, объединенных в единой информационной системе мониторинга солевого режима орошаемых земель. Такая информационная система для условий Саратовского Заволжья разработана в виде геоинформационной модели солевого режима, учитывающей параметры его состояния в разные моменты времени и в их пространственной взаимосвязи (рис. 2).

Основными компонентами геоинформационной модели являются: база данных и знаний, предназначенных для прогнозирования солевого режима, реализованная в среде Microsoft Access; программы для определения параметров водного и солевого режима; средства прогнозирования солевого режима - компьютерные реализации математических моделей влаго- и солепереноса; цифровая карта контролируемых угодий [6].

ВЫВОДЫ

Функции водоудерживания и влагопроводности террасовых темно-каштановых почв зависят от типа водного питания и состава почвенно-поглощающего комплекса. Значения коэффициентов влагопроводности гидроморфных почв меньше в 10...100 раз, чем у автоморфных при той же относительной влажности. При влажности, близкой к полной влагоемкости, коэффициент влагопроводности осолонцованной почвы на 3 порядка больше, чем неосолонцованной почвы, а объем доступной для растений влаги у осолонцованной почвы в 4 раза меньше, чем у неосолонцованной.

Для трещиноватых темно-каштановых почв разработано уравнение влажностной характеристики влагопроводности, которое описывается экспоненциальной зависимостью. Установлено, что солеперенос в нетрещиноватых почвах лучше описывается уравнением конвективной диффузии, в трещиноватых почвах – модифицированным уравнением конвективной диффузии, учитывающим обмен солями между транзитными порами и остальной частью порового пространства. Коэффициент кон-

вективной диффузии для почв с выраженной трещиноватостью равен $3 \cdot 10^{-3}$ м²/сут, для нетрещиноватых – находится в пределах $2 \cdot 10^{-4} \div 5,5 \cdot 10^{-4}$ м²/сут.



Рисунок 2 - Схема геоинформационной модели мониторинга солевого режима мелиорированных земель

Для математического моделирования влаго- и солепереноса разработана геоинформационная модель солевого режима, учитывающая параметры его состояния в разные моменты времени и в их пространственной взаимосвязи, основными компонентами которой являются: база данных и знаний, предназначенных для прогнозирования солевого режима; программы для определения параметров водного и солевого режима; компьютерные реализации математических моделей влаго- и солепереноса; цифровая карта контролируемых угодий и прилегающих земель.

Список использованных источников

1. Пронько Н.А., Романова Л.Г., Фалькович А.С. Изменение плодородия орошаемых каштановых почв Поволжья в процессе длительного использования и научные основы его регулирования // Саратов: Изд-во ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2005, – 220 с.
2. Пронько Н.А. Снижение негативного воздействия технологий на мелиоративные агроландшафты // Аграрная наука. – 2001.– №9.– С. 7-8.
3. Пронько Н.А., Романова Л.Г. Изменение плодородия темно-каштановых почв Поволжья при длительном орошении и приемы его восстановления // Плодородие. – 2005.– №4. – С. 31-32.
4. Пронько Н.А., Фалькович А.С., Романова Л.Г. Изменение гидрофизических функций при техногенной трансформации орошаемых темно-каштановых почв Саратовского Заволжья

//Вестник СГАУ-2009. -№ 9.–С. 29-34.

5. Фалькович А.С. Функции влагопроводности трещиноватых темно-каштановых почв Поволжья // Вестник СГАУ- 2011. - № 7. – С. 66-68.

Пронько Н.А., Корсак В.В., Фалькович А.С. Методология создания системы мониторинга солевого режима мелиорированных угодий Поволжья // Вестник СГАУ. - 2011.- № 8. – С. 63-66.

УДК 631.6.02

ДЕГРАДАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОСУШЕННЫХ НИЗИННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ ЯХРОМСКОЙ ПОЙМЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Г.Ю. Рабинович, Л.А. Поздняков, М.С. Дуброва
ФГБНУ ВНИИМЗ, г. Тверь, Россия

Низинные торфяные почвы представляют большой интерес из-за высоких показателей плодородия и коммерческой ценности. Значительные массивы этих почв были мелиорированы и вовлечены в сельскохозяйственное использование. Однако торфяные почвы – это сравнительно молодые, динамично эволюционирующие и крайне неустойчивые почвы. Экологическая неустойчивость низинных торфяных почв в процессе их освоения приводит в большинстве случаев к преобладанию процессов деструкции органического вещества над процессами его синтеза, потерям органического вещества вплоть до полной сработки. Поэтому изучение физических, физико-химических и биологических показателей очень важно с точки зрения охраны земельных ресурсов для поддержания и воспроизводства уникальных свойств торфяных окультуренных, вовлеченных в сельскохозяйственное производство почв.

Основная работа в этой области проведена на первых этапах трансформации под действием мелиорации (от первых лет до нескольких десятилетий). В это время происходят наиболее резкие изменения физических свойств почвенного покрова (осадка, уплотнение) и минерализация наиболее лабильных органических компонентов. Изучение наиболее поздних сроков – близких к столетнему использованию осушенных и вовлеченных в сельскохозяйственное производство торфяных почв, как это проявляется на Яхромской пойме – указывает на начало новой фазы эволюционного развития, которая сопровождается глубокой трансформацией свойств и режимов торфяных почв.

Яхромская пойма (Дмитровский район, Московская область) представляет собой обширную заболоченную котловину, по которой в настоящее время протекает река Яхрома, хотя торфонакопление здесь началось до начала формирования аллювиальных отложений. Здесь расположены два агрополигона Дмитровского отдела ВНИИМЗ: участок «Ближний», осушаемый с 1906-1914 года, и «Дальний», интенсивная мелиорация которого ведется с 1961-1965 годов. В настоящее время эти участки, как и остальная часть поймы, используются для выращивания овощных и кормовых культур в условиях применения интенсивных технологий. Еще в 1960-е годы овощеводческая продукция четырех совхозов, организованных на Яхромской пойме, покрывала половину потребности Москвы, а в наши дни из всех площадей, которые используются для выращивания овощных культур в Московской области, половина располагается на землях Яхромской поймы [5].

Оба опытных участка охватывают почвенные контуры, образованные на разнотравно-гипновом и гипновом торфах, на древесно-осоковом торфе, на мощной

древесной залежи. Сопоставление почв в рамках каждого контура позволяет выделить те изменения, которые произошли с ними в результате освоения различной степени и сроков.

Основным компонентом осушенных торфяных почв (торфоземов) остается органическое вещество. Осушение и длительность эксплуатации торфоземов в сельскохозяйственном производстве оказало существенное влияние на его содержание (табл. 1). Массивом осушения со 100-летним сроком эксплуатации было потеряно на минерализацию в среднем на 6-14 % больше органического вещества по сравнению с массивом 50-ти лет осушения и использования.

Таблица 1 - Содержание углерода и органического вещества в осушенных торфяных почвах Яхромской поймы

| Ботанический состав | Углерод, % | ОВ, % |
|--|------------|-------------|
| Эутрофные торфоземы 50-летнего срока использования | | |
| на разнотравно-гипновом и гипновом торфе | 33,47±7,97 | 77,11±10,75 |
| на древесно-осоковом торфе | 31,6±2,71 | 73,6±3,57 |
| на мощной древесной залежи | 33,86±3,48 | 72,45±2,93 |
| Средние значения | 32,76±2,7 | 73,91±3,50 |
| Эутрофные торфоземы 100-летнего срока использования | | |
| на разнотравно-гипновом и гипновом торфе | 24,82±2,98 | 61,51±4,74 |
| на древесно-осоковом торфе и мощной древесной залежи | 27,02±1,63 | 67,23±2,5 |
| торфоземы агроминеральные | 16,12±3,13 | 45,71±8,22 |
| Средние значения | 23,41±2,7 | 59,63±5,15 |

На фоне процессов минерализации и потерь общего углерода происходит относительное накопление гуминовых кислот как биохимически наиболее устойчивой части гумуса (табл. 2). Об этом свидетельствует показатель отношения углерода гуминовых кислот к содержанию общего углерода ($C_{гк}/C$).

Что касается типа гумуса, существенных различий в почвах массивов 50-ти и 100-летнего срока эксплуатации не выявлено. Во всех почвах наблюдается устойчивый гуматный тип гумусового состояния.

Трансформация органического вещества осушенных низинных торфяных почв после мелиорации вызвана деятельностью почвенных микроорганизмов в новых окислительных геохимических условиях. Однако на поздних стадиях эволюции почвы, произошедшие в ней изменения начинают оказывать негативное влияние на таксономический и функциональный состав почвенной микробиоты. Сокращается на поздних стадиях эволюции осушенных торфяных почв и общая микробная биомасса. Субстрат-индуцированное дыхание составляет 20,86±2,29 мкм/г сут – на Дальнем участке (50 лет освоения) и 14,22±1,5 мкм/г сут на Ближнем (100 лет освоения).

Из архивных данных ЦТБОС и МОБОС известно, что в первые годы освоения в почвах участка «Дальний» доминировали бактерии родов *Bacillus* и *Pseudomonas*, численность актиномицетов была невелика, среди них фиксировалось обилие пигментных форм – это больше характерно для видов, обитающих на поверхности живых и отмерших растений, случайно попавших в почву. Нарастание доли актино-

мицетов было отмечено уже на 20-летних сроках освоения [1, 2]. В структуре микробиоценоза торфяной почвы относительное содержание актиномицетов с 1965 по 1988-1990 увеличилось с 15 до 80 %, а количество сапрофитных бактерий снизилось соответственно с 70 до 20 %. Можно констатировать, что на поздних сроках освоения этот процесс только усиливается. На участке «Дальний» (50 лет освоения) общая численность актиномицетов, учтенных с помощью посева на питательные среды, составила $1,2-1,7 \cdot 10^6$ КОЕ/г, тогда как на участке «Ближний» (100 лет освоения) $1,5-2,6 \cdot 10^6$ КОЕ/г.

Таблица 2 - Показатели гумусного состояния осушенных торфяных почв Яхромской поймы

| Ботанический состав | $C_{гк}/C, \%$ | $C_{фк}/C, \%$ | $C_{гк}/C_{фк} \%$ | C/N |
|--|----------------|----------------|--------------------|-------|
| Эутрофные торфоземы 100-летнего срока использования | | | | |
| на древесно-осоковом торфе и древесной залежи | 34,05 | 12,94 | 2,63 | 13,86 |
| на древесно-осоковом торфе и древесной залежи | 49,50 | 12,56 | 3,94 | 14,63 |
| на разнотравно-гипновом и гипновом торфе | 36,83 | 9,66 | 3,81 | 15,98 |
| торфоземы агроминеральные | 51,48 | 20,74 | 2,48 | 14,46 |
| Эутрофные торфоземы 50-летнего срока использования | | | | |
| на древесно-осоковом торфе | 29,81 | 8,67 | 3,44 | 14,39 |
| на разнотравно-гипновом и гипновом торфе | 25,38 | 7,81 | 3,25 | 12,66 |
| на мощной древесной залежи | 29,38 | 10,90 | 2,70 | 15,73 |
| на древесно-осоковом торфе | 26,52 | 8,19 | 3,24 | 13,21 |

В рамках участка «Ближний» намечается прямая зависимость эмиссии CO_2 от численности актиномицетов. Очевидно, к поздним срокам освоения именно актиномицеты становятся основными деструкторами торфяной массы, и именно их деятельность наибольшим образом влияет на эмиссию CO_2 из торфяной почвы. Среди актиномицетов в старопахотных торфяных почвах повышается доля психротолерантных форм, что отражает их экологическое стремление к круглогодичному функционированию. Однако прирост числа гидролитиков сопровождается снижением скоростей минерализации торфа и эмиссии CO_2 , поскольку основные потери углерода в осушенных торфяных почвах связаны все же с разрушением легкодоступных фракций органического вещества.

Ранее нами была показана связь удельного электрического сопротивления с рядом физико-химических свойств изученных осушенных торфяных почв, прежде всего с зольностью. Те же свойства оказывают непосредственное влияние и на микробное население почвы, результатом чего является корреляция базального и субстрат-индуцированного дыхания, интенсивности денитрификации и других микробных процессов с удельным электрическим сопротивлением почвы, которое является своеобразным интегральным показателем ее состояния [3, 4].

Данная корреляция возникает и видоизменяется в процессе постмелиоративной эволюции осушенных торфяных почв. Она не прослеживается в нижних, подпахотных горизонтах торфяной почвы, не затронутых осушением.

Участок «Дальний», имеющий 50-летнюю историю освоения, характеризуется относительно высокой интенсивностью микробного образования CO_2 и темпами минерализации, превышающими значения участка «Ближний» в разы. Торфяные почвы аналогичного ботанического состава обладают на участке с 50-летним сроком освоения меньшей зольностью ($26,39 \pm 3,57$ % против $32,77 \pm 2,5$ %). При этом низкие значения удельного электрического сопротивления коррелируют с высоким уровнем дыхания.

Можно заключить, что на участке «Дальний» (50 лет освоения) при общем более интенсивном протекании минерализации высокая скорость микробного разложения и большие потери CO_2 вызывают повышенную степень сработки торфа и относительную аккумуляцию зольных элементов, чем обусловлено увеличение концентрации заряженных частиц в почвенном растворе и снижение сопротивления.

На участке «Ближний» (100 лет освоения) между удельным электрическим сопротивлением и интенсивностью микробного образования CO_2 наблюдается обратная зависимость, то есть относительно высокая скорость микробного разложения и большие потери CO_2 приурочены к участкам, где сохранились большие запасы органики, и относительное накопление зольных элементов выражено менее всего. Это участки центральной части поймы, где располагаются наименее разложившиеся торфа древесного состава. Таким образом, на столь поздних стадиях развития осушенных торфяных почв высокие скорости разложения являются «остаточными» и характерны для торфа наименьшей степени разложения.

С помощью электрофизических методов для данных сроков может быть диагностировано наступление стационарной фазы развития осушенных торфяных почв с затуханием процессов минерализации и газообразных потерь углерода.

Сопоставляя современные экспериментальные данные и накопленные архивные материалы для низинных торфяников Яхромской поймы, можно отметить, что наиболее устойчивыми к деградации являются древесные и древесно-разнотравные торфа, поэтому они наиболее перспективны для сельскохозяйственного использования и на них возможно применение типовой модели системы земледелия. Но это целесообразно только при мощности торфяной залежи более 60-80 см, темпах сработки торфа не более 0,5-0,6 см в год, нарастания $0,02$ г/см³ объемной массы и 0,05% зольности. Если темпы изменения указанных показателей выше, то имеет место деградация торфяника и экологически необоснованное его использование.

Гипновые, осоково-гипновые и другие торфа с высоким содержанием моховых ассоциаций требуют корректировки типовой модели системы земледелия в сторону насыщения севооборотов травами до 80 % и в некоторых случаях полного залужения для обеспечения противодеградационных процессов на торфяниках. При мощности торфяного слоя меньше 0,5 м любое сельскохозяйственное использование торфяников, даже в качестве сенокосов и пастбищ под многолетними травами не сохранит его от быстрой и полной минерализации.

Список использованных источников

1. Ковалев Н.Г., Поздняков А.И., Мусекаев Д.А., Позднякова Л.А. Торф, торфяные почвы, удобрения. М.: Изд-во ВНИИМЗ, 1998. 239 с.

2. Кузьмина И.В., Михеева Т.В. Действие макро- и микроудобрений на биологическую активность перегнойно-торфяной почвы // сб. н. тр. ЦТБОС «Проблемы с/х использования торфяных месторождений», №6, 1984.

3. Поздняков Л.А. Оценка биологической активности торфяных почв по удельному электрическому сопротивлению // Почвоведение, 2008, № 10, с. 1217-1223.

4. Поздняков А.И., Елисеев П.И., Поздняков Л.А. Электрофизический подход к оценке некоторых элементов окультуренности и плодородия легких почв гумидной зоны // Почвоведение, 2015, № 7, с. 832-842.

5. <http://www.mcx.ru/news/news/show/37186.78.htm> (Сайт Министерства сельского хозяйства РФ – новости).

УДК 551.52:551.58.583

ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В РЕЧНЫХ БАССЕЙНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

А.Д. Рябцев, М. К. Бекниязов

РГП «Казгипроводхоз», г. Алматы, Казахстан

Возрастающая роль водных ресурсов, как в экономике, так и в других сферах общественных отношений, требует взвешенного подхода к вопросам водопользования, базирующегося в первую очередь на оценке рисков в политической, экономической и экологической сферах, а также оценке воздействия на окружающую среду в рамках региона и государства в целом.

По прогнозам международных исследовательских организаций, ближайшие 20 лет могут стать переломными для развития мировой цивилизации из-за угрозы дефицита воды. В мире, как оказалось, растет спрос не только на углеводороды (нефть и газ), но и на воду, которая в отличие от «черного» и «голубого» золота не является товаром в международной торговле.

В настоящее время дефицит воды нарастает быстрее, чем ожидалось. Россия и европейские страны СНГ не испытывают серьезных проблем с обеспеченностью водными ресурсами, в то время как в государствах Центральной Азии, где «водный вопрос» стал серьезным фактором межгосударственных отношений и региональной безопасности.

Корень водных проблем в Центральной Азии состоит в том, что водные ресурсы распределены неравномерно между государствами. Ситуация такова, что Центральноазиатский регион четко делится на богатые водными ресурсами страны (Таджикистан и Кыргызстан) и зависимые от них в поступлении воды Узбекистан, Туркменистан и Казахстан. Если Кыргызстан контролирует бассейн реки Сырдарья, то Таджикистан - Амударья. По обеспеченности гидроресурсами Таджикистан занимает третье место в мире и второе в СНГ после России. К примеру, общие годовые потенциальные ресурсы гидроэнергии в республике составляют около 600 млрд. кВт·ч. Кроме того, Таджикистан обладает значительными запасами пресной воды в ледниках (более 60 % запасов Центральной Азии). Построенная в бытность СССР Нурекская ГЭС (мощность 3 млн. кВт/час) регулирует около 40 % воды, необходимой Узбекистану и частично Туркменистану.

Свой вклад вносит в регионе в водные проблемы и Афганистан, включаемый США в регион Большая Центральная Азия (БЦА). В настоящее время Афганистан использует только около 2 км³ воды для ирригационных систем в своей части бассейна Амударья. В потенциале он может забирать до 10 км³ воды, что будет иметь отрицательные последствия для Туркменистана и Узбекистана. В последующем,

при росте водопотребления в Афганистане и дефиците водных ресурсов в бассейне Амударьи Узбекистан вынужден будет повысить изъятие стока в бассейне реки Сырдарья.

Неравномерность распределения водных ресурсов в Центральной Азии обуславливает конфликт интересов ключевых поставщиков воды (Таджикистан и Кыргызстан) и ее основных потребителей (Узбекистан, Казахстан и Туркменистан).

В частности, Таджикистан вместе с Кыргызстаном заинтересованы использовать водные ресурсы для выработки электроэнергии для удовлетворения собственных нужд и на экспорт в третьи страны. Им противостоят Казахстан, Туркменистан и Узбекистан, которые настаивают на преимущественно ирригационном характере эксплуатации как построенных во времена СССР ГЭС, так и планируемых новых гидроэлектростанций.

Суть претензий Кыргызстана и Таджикистана к своим соседям состоит в требованиях увеличения финансовых компенсаций за работу их гидроэлектростанций в ирригационном режиме в интересах Узбекистана, Казахстана и Туркменистана. Бишкек и Душанбе на протяжении многих лет указывают на существенные издержки со своей стороны по поддержанию гидротехнической инфраструктуры. Наиболее активен в этом вопросе Бишкек, предложивший трактовать воду как вид товара и в перспективе ввести плату за воду (сейчас Кыргызстан получает от Узбекистана и Казахстана компенсацию за избытки вырабатываемой электроэнергии). Однако многие эксперты признают, что платное водопользование – мало реализуемая идея в Центральной Азии из-за высоких рисков социальных и политических потрясений во всех без исключения странах.

Цель официального Бишкека и Душанбе состоит в получении справедливой и рыночной компенсации за предоставляемые услуги по поставкам воды. В принципе обвинять исключительно Бишкек и Душанбе в «энергетическом эгоизме» не совсем справедливо. Перед данными странами остро стоит задача по решению проблем бедности, и гидроресурсы являются для них источником национального экономического развития. Проблема в том, как вписать локальные стратегии развития в региональный сценарий устойчивого развития, когда выигрывают все страны и нет проигравших.

Нарастающая острота проблемы водообеспечения Казахстана обусловлена формированием более 45 % поверхностного стока за пределами республики и нарастающим изъятием его в сопредельных странах (КНР, Узбекистан, РФ), неравномерностью распределения по территории, значительной изменчивостью во времени, высокой степенью загрязнения. В последние 5-10 лет становится ощутимым в водных балансах трансграничных рек (Иртыш, Или, Урал, Сырдарья) антропогенное воздействие в сопредельных государствах. В перспективе следует ожидать обострения ситуации с водообеспечением республики в связи с увеличением водозабора на трансграничных реках на территории сопредельных государств, а также с климатически обусловленным уменьшением ресурсов местного стока.

В Центральной Азии и Казахстане в основе экологических и социальных проблем, начиная от усыхания Арала и его последствий, лежит ресурсно-хозяйственный подход к использованию природных ресурсов, прежде всего водных. При таком подходе водные ресурсы (располагаемые запасы, объемы заборов, вододеление между государствами и т.д.) рассматриваются только с точки зрения возможности обеспечения коммунального хозяйства и отраслей экономики. Экологическая роль водных ресурсов, потребности в воде природных ландшафтов, эко-

систем для сохранения их устойчивости, а также возможные последствия разрушения при этом не рассматривались вообще. В разрабатываемых межгосударственных программах вододеления практически не уделяется этому вопросу внимание. В настоящее время НИЦ МКВК в межгосударственных программах по распределению водных ресурсов занял позицию распределения водных ресурсов по населению, проживающему в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи и удельным показателям наличия водных ресурсов на него. Задачу же водообеспечения экологических природных систем возлагает на соответствующие органы государства, которые должны распределить выделенные водные ресурсы по водопотребителям, включая природные системы. В этой ситуации по бассейну Сырдарьи Казахстан, имеющий значительные потребности в воде для поддержания природных систем дельты реки и Северного Аральского моря, находится в проигрышной ситуации.

В связи с этим, в настоящее время для Казахстана более привлекательны идеи и проработки, выполненные казахстанскими учеными во главе с академиком Ш.Ч. Чокиным в институте энергетики АН КазССР [1- 6]. На основе этих проработок предполагалось, что направление главной водной магистрали должно пройти через Тургайский прогиб в водоразделе, отделяющем территорию Западной Сибири от Арало-Каспийской низменности.

Низшая точка водораздела имеет отметку 120 м над уровнем моря. Трассы подвода воды сибирских рек к Тургайскому водоразделу требовали своего решения с учетом потребностей всего Казахстана, и они будут определяться развитием Обь-Иртышских водохозяйственных связей, для которых к тому времени выявились пять главных направлений: Верхне-Катунское (в том числе Верхне-Аргутское), Верхне-Обское, Каменское, Чулым-Омское и Нижне-Обское. В дальнейшем эти направления расширяются до связей с Енисеем.

Для целей переброски наибольший интерес представляет участок Обь-Иртышского междуречья в зоне отметок 70-2000 м. Средние многолетние расходы реки Оби составляют: ниже слияния рек Катунь и Бии – 1100 м³/сек и у г. Ханты-Мансийска – 8000 м³/сек. Водные массы бассейна Оби в высотном отношении расположены значительно ниже Енисея. На уровне Тургайского водораздела средний многолетний расход реки достигает лишь 1500 м³/сек, тогда как расход Енисея на этом же уровне равен 3000 м³/сек. В научных статьях, монографиях того времени [1-6] на уровне изученности вопроса, створы забора воды из Оби и направление водных трактов между реками Обь и Иртыш, рекомендованы следующие: Верхне-Катунско-Бухтарминское; Верхне-Обско-Семипалатинское; Камень-на-Оби-(или Новосибирск)-Павлодарское; Чулым-Томско-Омское; Нижне-Обско-Тобольское-Тургайский прогиб.

В принципе Проект «Канал Сибирь - Средняя Азия» (Союзгипроводхоз) рассмотрел только одно направление «Нижне-Обско-Тобольское-Тургайский прогиб». Рассмотрим преимущества и недостатки других направлений переброски части стока сибирских рек.

Верхне-Катунско-Бухтарминское направление. Это направление является самым верхним и к настоящему времени наиболее подробно освещено в литературе [2, 3]. По данной трассе предусматривается переключение стока верхней части бассейна Катунь и ее притока Аргута в Бухтарму. Аргут-Катунь-Бухтарминский водный тракт дает возможность создать каскад крупных гидроэлектростанций по тракту переброски. Высотное положение этого водного тракта в наибольшей степени отвечает условиям обводнения возвышенных восточных районов Казахстана. Вод-

ные ресурсы рек Аргута и Катуня, поступая в Бухтарминское водохранилище, имеющее абсолютную отметку 400 м, значительно увеличат сток Иртыша. С этого уровня с относительно меньшей высотой подъема можно подать воду в районы восточного и северного Прибалхашья. В перспективе из Верхнего Енисея в этом направлении может быть подано еще 20 млрд. м³. Данное направление перспективно в связи с изъятием стока в КНР и обеспечивает восстановление энергетического потенциала существующего каскада ГЭС на реке Иртыш. При этом обеспечивается высотное командование по всем направлениям переброски, то есть позволяет решить задачи без применения механического подъема.

Верхне-Обско-Семипалатинское направление. По этому направлению трассы вода из Оби забирается выше города Бийска с отметки примерно 300 м. Канал длиной около 600 км с естественным уклоном будет идти в направлении города Семипалатинска. Возможный объем водоподачи определялся в 20 млрд. м³/год.

Поступление воды в Шульбинское водохранилище позволяет иметь командную абсолютную отметку около 240-245 м при строительстве II-ой очереди Шульбинского водохранилища. В перспективе по данному направлению из Енисея может быть переброшено около 30 млрд. м³/год.

Камень-на-Оби-(или Новосибирск)-Павлодарское направление. Это направление трассы переброски, начало которого, вероятно, будет в районе намечаемого к строительству Каменского гидроузла на Оби. При строительстве водохранилища обеспечивается самотечная подача воды в реку Иртыш. Оно хорошо сочетается с водозабором в канал Иртыш-Караганда и может служить надежной основой для последующего расширения его системы путем строительства крупной Целиноградской ветки, а также осуществления первой очереди переброски стока в бассейн Аральского моря. По данному водному тракту, длина которого около 400 км, должно перебрасываться порядка 10 млрд. м³/год обской воды. В перспективе по этому направлению может поступать вода из Енисея в объеме около 30 млрд. м³/год.

Чулым-Томск-Омское направление. Это направление переброски стока также заслуживает большого внимания. По нему может быть подан значительный объем воды - порядка 20 млрд. м³/год обской и около 60 млрд. м³/год – енисейской. В целях зарегулирования половодья на Оби и защиты от ежегодных разливов поймы реки на участке от Калпашино до Сургута, где расположены богатейшие нефтегазовые месторождения и другие ценные природные ресурсы, на Оби, тогда предполагали, будет построено крупное водохранилище. Этим сооружением и должен быть увязан водозабор из Оби по данному направлению, данная схема осуществима и без строительства водохранилища на Оби, но потребует машинный водоподъем.

Нижне-Обско-Тобольское-Тургайский прогиб. По данной трассе воды реки Оби кратчайшим путем могут быть поданы на Тургайский водораздел (по схеме «Анти-Иртыш-Тобол»). При этом вода будет забираться, как предполагали в то время, из верхнего бьефа предполагаемой к строительству Нижне-Обской ГЭС. Почти на всем протяжении трассы используются существующие русла рек (Иртыша, Тобола, Убагана). Этот вариант был осуществлен в проекте Созгипроводхоза «Канал Сибирь - Средняя Азия». Высота насосного подъема воды на Тургайский водораздел составила 110 м.

Таким образом, в большинстве случаев в аридной зоне переброска стока в новые или в освоенные регионы осуществляется для удовлетворения потребностей

растущего населения в сельскохозяйственной продукции орошаемого земледелия. Большие удельные затраты воды на единицу выходной продукции при орошаемом земледелии и низкие стоимостные показатели делают ее не конкурентоспособной для возмещения всех затрат на осуществление проекта.

Список использованных источников

1. Калачев Н.С., Лаврентьева Л.Д., Кадырбаев А., Некоторые аспекты обводнения Казахстана и сопредельных с ним территорий водами сибирских рек / В сб.: «Проблемы гидроэнергетики и полного хозяйства». -Алма-Ата: «Наука», 1971. -вып. 8. -
2. Чокин Ш.Ф. Переброска стока сибирских рек в засушливые районы Средней Азии и Казахстана. Региональные проблемы развития производительных сил СССР. – М., 1972.- 305 с.
3. Чокин Ш.Ф., Территориальное перераспределение водных ресурсов и задачи гидрологических исследований в Серединном регионе СССР // Тезисы докладов IV Всесоюзного гидрологического съезда / Секция Гидрологических проблем водного хозяйства. -Л. , 1973.-С. 8-9.
4. Чокин Ш.Ф., Калачев Н.С., Реки Сибири потекут в Казахстан и Среднюю Азию. - «Алма-Ата»: «Знание». - 1974.- 39 с.
5. Чокин Ш.Ф., Территориальное перераспределение водных ресурсов и задачи гидрологических исследований в Серединном регионе // Проблемы гидроэнергетики и водного хозяйства. - Алма-Ата, 1976. - выпуск 13. - С. 100-108.
7. Герарди А.И., Проблема использования вод Обского бассейна для обводнения Казахстана и Средней Азии в комплексе с осушением Западно-Сибирской низменности // Всб.: «Комплексное освоение водных ресурсов Обского бассейна. – Новосибирск: «Наука»,1970. –

УДК 626.810

ЗОНАЛЬНАЯ ШКАЛА КЛАССИФИКАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ ДЛЯ НУЖД АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

М.А. Сазанов, Э.Б. Дедова, В.В. Очиров, И.Г. Плешакова

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

На территории Республики Калмыкия водные ресурсы представлены местным паводковым поверхностным стоком, аккумулирующимся в многочисленных водоемах (озерах, прудах и водохранилищах); поверхностными водами оросительно-обводнительных систем, привлекаемыми с сопредельных регионов – из бассейнов рек Волга, Кубань, Терек и Кума; водами дренажно-сбросного стока с ООС; подземными водами артезианских бассейнов и водами северо-западной части Каспийского моря. Проведенный мониторинг химического состава водных ресурсов показывает, что он может быть самым разнообразным, и минерализация воды варьирует в широких пределах – от 0,4 до 465,0 г/л [5-9]. Традиционные методы классификации химического состава вод (поверхностных и подземных) основаны на уровне содержания в них шести основных ионов: анионов – HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} и катионов – Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ [1-4].

Поэтому для общей классификации химического состава воды, которая может применяться в АПК, предлагается использовать модернизированную шкалу (табл. 1), согласно которой по содержанию в воде анионов и катионов можно выделить по 15 групп (типов):

- по анионному составу: (гидрокарбонатные, хлоридные, сульфатные, хлоридно-гидрокарбонатные, сульфатно-карбонатные, хлоридно-сульфатные, сульфатно-хлоридные, гидрокарбонатно-хлоридные, гидрокарбонатно-сульфатные, хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные,

гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные, гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные, хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатные, сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридные);

- по катионному составу: (натриевые, кальциевые, магниевые, натриево-кальциевые, натриево-магниевые, кальциево-натриевые, магниево-натриевые, кальциево-магниевые, магниево-кальциевые, натриево-магниево-кальциевые, магниево-натриево-кальциевые, натриево-кальциево-магниевые, кальциево-натриево-магниевые, кальциево-магниево-натриевые, магниево-кальциево-натриевые).

В соответствии с общепринятой методологией, в данной классификации суммы миллиграмм-эквивалентов анионов и катионов принимаются каждая за 100 %. В первую очередь при оценке участвуют лишь те элементы, процентное содержание которых составляет не менее 25 %. Они являются определяющими ионами.

При величине определяющего иона ниже 25 %, для определения типа химизма производится сравнение между собой уровней содержания отдельных ионов.

Характеристика химического состава воды начинается с указания ее группы по анионному составу, а затем – по катионам.

Таким образом, предлагаемая шкала позволяет наиболее полно и достоверно устанавливать химический состав воды по преобладающим ионам в порядке убывания их количества. Это обеспечивает налаживание четкой системы нормирования качества воды, используемой для различных нужд и отраслей агропромышленного комплекса: хозяйственно-бытового водоснабжения сельского населения, водопоя животных, орошения, работы животноводческих и перерабатывающих комплексов и предприятий, строительства, рыборазведения, рекреационных мероприятий и др.

Одним из основных показателей химических свойств воды и ее качества является *жесткость*, которая отражает уровень содержания растворенных эквивалентных масс основных 6 ионов, равных половине их атомных масс [1, 2]. В основе современных классификаций воды по уровню жесткости [1-3, 10-12] лежат границы ее применимости для питьевых целей. Вода с содержанием солей ниже 10,5 мг-экв./л может использоваться на все нужды без ограничения, а при жесткости более 10,5 мг-экв./л ее нельзя использовать для паровых котлов, других водонагревательных приборов, а также для охлаждения двигателей внутреннего сгорания, так как возникает очень большое количество накипи.

При оценке уровня пригодности воды для тех или иных целей в сфере АПК в зависимости от степени ее жесткости, можно руководствоваться данными таблицы 2.

Еще одним важнейшим фактором химического состава воды является тип ее активной реакции, характеризующийся так называемым *водородным показателем* (pH) – концентрацией ионов водорода в воде. В численном выражении он равен отрицательному десятичному логарифму активности при концентрации ионов водорода – H^+ и гидроксида – OH^- [1, 2].

Таблица 1 – Классификация химического состава вод по содержанию основных анионов и катионов, % мг-экв.

| Наименование по анионному составу | | | | | Наименование по катионному составу | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---|--|-----------------------------------|
| Типы вод | Опре- де- ляю- щий анион | Со- дер- жание опре- де- ляю- щего анио- на | Содер- жание про- чих анио- нов | Особые условия | Типы вод | Опре- де- ляю- щий катион | Со- дер- жа- ние опре- де- ляю- щего ка- тиона | Содер- жание прочих катио- нов | Особые условия |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Гидрокарбонатные | HCO_3^- | >75 | <25 | нет | Натриевые | Na^+ | >75 | <25 | нет |
| Хлоридные | Cl^- | >75 | <25 | нет | Кальциевые | Ca^{2+} | >75 | <25 | нет |
| Сульфатные | SO_4^{2-} | >75 | <25 | нет | Магниевые | Mg^{2+} | >75 | <25 | нет |
| Хлоридно- гидрокарбонатные | SO_4^{2-} | <25 | >75 | $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$ | Натриево- кальциевые | Mg^{2+} | <25 | >75 | $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+}$ |
| Сульфатно- гидрокарбонатные | Cl^- | <25 | >75 | $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ | Натриево- магниевые | Ca^{2+} | <25 | >75 | $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$ |
| Хлоридно-сульфатные | HCO_3^- | <25 | >75 | $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ | Кальциево- натриевые | Mg^{2+} | <25 | >75 | $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$ |
| Сульфатно-хлоридные | HCO_3^- | <25 | >75 | $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ | Магниево- натриевые | Ca^{2+} | <25 | >75 | $\text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$ |
| Гидрокарбонатно- хлоридные | SO_4^{2-} | <25 | >75 | $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$ | Кальциево- магниевые | Na^+ | <25 | >75 | $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ |
| Гидрокарбонатно- сульфатные | Cl^- | <25 | >75 | $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ | Магниево- кальциевые | Na^+ | <25 | >75 | $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----|-----|--|------------------------------|------------------|-----|-----|--|
| Хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные | Cl ⁻ | >25 | >50 | SO ₄ ²⁻ и HCO ₃ ⁻ >25 Cl ⁻ > SO ₄ ²⁻ > HCO ₃ ⁻ | Натриево-магниево-кальциевые | Na ⁺ | >25 | >50 | Mg ²⁺ и Ca ²⁺ >25 Na ⁺ > Mg ²⁺ > Ca ²⁺ |
| Сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные | SO ₄ ²⁻ | >25 | >50 | Cl ⁻ и HCO ₃ ⁻ >25 SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ > HCO ₃ ⁻ | Магниевонатриево-кальциевые | Mg ²⁺ | >25 | >50 | Na ⁺ и Ca ²⁺ >25 Mg ²⁺ > Na ⁺ > Ca ²⁺ |
| Гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные | HCO ₃ ⁻ | >25 | >50 | Cl ⁻ и SO ₄ ²⁻ >25 HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > SO ₄ ²⁻ | Натриево-кальциево-магниевые | Na ⁺ | >25 | >50 | Mg ²⁺ и Ca ²⁺ >25 Na ⁺ > Ca ²⁺ > Mg ²⁺ |
| Гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные | HCO ₃ ⁻ | >25 | >50 | SO ₄ ²⁻ и Cl ⁻ >25 HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ | Кальциевонатриево-магниевые | Ca ²⁺ | >25 | >50 | Na ⁺ и Mg ²⁺ >25 Ca ²⁺ > Na ⁺ > Mg ²⁺ |
| Хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатные | Cl ⁻ | >25 | >50 | SO ₄ ²⁻ и HCO ₃ ⁻ >25 Cl ⁻ > HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ²⁻ | Кальциево-магниевонатриевые | Ca ²⁺ | >25 | >50 | Mg ²⁺ и Na ⁺ >25 Ca ²⁺ > Mg ²⁺ > Na ⁺ |
| Сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридные | SO ₄ ²⁻ | >25 | >50 | HCO ₃ ⁻ и Cl ⁻ >25 SO ₄ ²⁻ > HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ | Магниево-кальциевонатриевые | Mg ²⁺ | >25 | >50 | Ca ²⁺ и Na ⁺ >25 Mg ²⁺ > Ca ²⁺ > Na ⁺ |

Таблица 2 – Экологическая классификация вод, используемых для нужд АПК, по степени жесткости

| Степень жесткости воды | Уровень содержания солей в воде, мг-экв./л | Экологическая градация | Область применения |
|-------------------------------|--|------------------------|---|
| Очень слабая (мягкая) | <3,5 | Безопасная | Пригодна для всех нужд |
| Слабая | 3,5...7,0 | То же | То же |
| Средняя | 7,0...10,5 | Слабоопасная | -//- |
| Сильная (жесткая) | 10,5...14,0 | Среднеопасная | Для рыборазведения – без ограничения, ограниченное использование для питья и водопоя животных, технологических целей и орошения |
| Очень сильная (очень жесткая) | >14,0 | Сильноопасная | Ограниченное использование для целей рыборазведения и очень ограниченное – для водопоя скота и технологических нужд |

Таблица 3 – Экологическая градация воды с различным типом активной реакции (уровнем pH) и область ее применения в АПК

| Тип активной реакции воды | Величина водородного показателя (pH) | Экологическая градация | Область применения |
|---------------------------|--------------------------------------|------------------------|---|
| Очень сильно-кислая | < 4,5 | Очень сильно-опасная | Очень ограниченно пригодны, для орошения и технологических нужд |
| Сильнокислая | 4,5...5,0 | Сильноопасная | Ограниченно пригодны для орошения, рыборазведения и технологических нужд |
| Кислая | 5,0...6,0 | Среднеопасная | Ограниченно пригодны для водопоя скота; для орошения, рыборазведения и технологических нужд – без ограничения |
| Слабокислая | 6,0...6,5 | Малоопасная | Пригодны для всех нужд |
| Нейтральная | 6,5...7,5 | Безопасная | То же |
| Слабощелочная | 7,5...8,0 | Малоопасная | -//- |
| Щелочная | 8,0...8,5 | Среднеопасная | Ограниченно пригодны для питьевого водоснабжения, орошения и технологических целей |
| Сильнощелочная | 8,5...9,5 | Сильноопасная | Очень ограниченно пригодны для водопоя скота, технологических нужд и рыборазведения |
| Очень сильно-щелочная | > 9,5 | Очень сильно-опасная | Практически не пригодны, за исключением добычи соли |

На основе обобщения сведений о современных классификациях воды по водородному показателю и степени ее пригодности для различных нужд, в агропромышленном комплексе [1-13] была разработана расширенная оценочная шкала (табл. 3), которая рекомендуется к использованию.

Существуют также общепринятые санитарные нормы и правила по предельно-допустимым нормам содержания в воде различных загрязняющих веществ (химических элементов и т.д.) [12, 13]. Эти требования имеют, в зависимости от видов водопользования в АПК, различные показатели (особенно жесткие для питьевой воды систем централизованного водоснабжения) и их необходимо соблюдать в целях экологической безопасности.

Список использованных источников

1. Алёкин, О.А. Основы гидрохимии /О.А. Алекин - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 443 с.
2. Гидрохимия / А.М. Никаноров, Е.В. Посохов – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 232 с.
3. Справочное руководство гидрогеолога / Под ред. проф. В.М. Максимова. Т. 1. - Л.: Недра, 1979. – 512 с.
4. Методические указания по проведению почвенно-мелиоративных съемок на мелиорированных землях. – М., 1982. – 40 с.
5. Комплексное использование водных ресурсов Республики Калмыкия: Монография / Под общ. ред. О.В. Демкина, сост. и ред. С.Б. Адыяева, Э.Б. Дедовой, М.А. Сазанова - Элиста: ЗАОр «НПП «Джангар», 2006. - 200 с.
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. 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.
8. 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. №3 (29) – С. 9-19.
9. Фондовые материалы КФ ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова – Элиста, 1973-2015 гг.
10. Логинов, В.П. Справочник по сельскохозяйственному водоснабжению / В.П. Логинов, Л.М. Шуссер; Под ред. В.С. Оводова. – М.: Колос, 1980. – 287 с.
11. Мелиорация и водное хозяйство. Т. 7. Сельскохозяйственное водоснабжение: Справочник / Тажибаев Л.Е., Усенко В.С., Николадзе Г.И. и др.; Под ред. Олейника В.Н. – М.: Агропромиздат, 1992. – 287 с.
12. Безднина С.Я. Экологические основы водопользования. – М.: ВНИИА, 2005. – 224 с.
13. Санитарные нормы. Полный справочник / Под ред. Ю.Ю. Елисеева. – М.: Эксмо, 2006. – 768 с.

УДК 556:504.062

МЕТОД ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ИСТОЩЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Н.А. Сечкова, Г.А. Оболдина, А.Н. Попов
ФГУП РосНИИВХ, г. Екатеринбург, Россия

Федеральным законом от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (далее Законом 219-ФЗ) продекларирован комплекс мер по

снижению негативного воздействия (НВ) объектов хозяйственной деятельности на окружающую среду, что потребует адекватного их контроля. Формирование единой системы регулирования НВ Законом ФЗ-219 не предусматривается. Процесс снижения НВ предполагается осуществлять путем внедрения технологических нормативов сбросов (ТНС) негативного воздействия (кгХi/т продукции), обеспечивающих оценку соответствия/несоответствия объектов НВ качеству наилучших доступных технологий (НДТ). Вероятен процесс разработки ТНС без анализа и учета экологических последствий их применения, практически не принимая во внимание принципы экологической политики устойчивого развития государства. Киотским протоколом зафиксирована особая актуальность разработки комплексных критериев оценки состояния объектов окружающей среды.

В настоящее время в России используется искаженная система оценки экологического состояния водных объектов, основанная на ПДК_{рх}, которая не обеспечивает специалистов комплексными объективными критериями для решения водно-экологических задач, особенно оперативных. По РД 52.24.643-2002 [1] комплексную оценку поверхностных вод рекомендуется выполнять по достаточно произвольному, с точки зрения причинно-следственных связей, перечню аналитов (растворенный кислород, медь, марганец, железо, цинк, БПК, ХПК, нефтепродукты, нитриты, нитраты, ион-аммония, никель, хлориды, сульфаты, фенолы, фосфаты, хром (6+), сероводород, пестициды). А по РД 52.24.633-2002 [2] для мониторинга рекомендуется следующий перечень обязательных аналитов: растворенный кислород, БПК, ион-аммония; рекомендуемые: свинец, ртуть, хром, кадмий, никель, мышьяк, фторид-ион, сульфиды, бенз(а)пирен, метилмеркаптан, метанол, формальдегид. При этом не принимается во внимание, что регресс пресноводных экосистем в значительной степени зависит и от минерализации воды, определяющей потенциальные возможности трансформации загрязняющих веществ и самоочищения водных объектов. Оценка качества воды водных объектов общего пользования по [1] допускается только в сравнении с рыбохозяйственными нормативами качества воды.

На рисунке 1 представлены результаты тестирования статистического аппарата [1] при использовании рыбохозяйственных (ПДК_{рх}) и санитарно-гигиенических нормативов (ПДК_{сг}) для установления класса качества воды водных объектов, ранее оцененных с экологических позиций [3].

Представленные на рисунке результаты показывают, что вода, отнесенная к 1–2 классу качества с экологических позиций, при оценке, выполненной по [1] относительно ПДК_{рх}, является водой 3 класса качества. При этом водных объектов 1 и 2 классов качества вообще не выявляется. Таким образом, согласно результатам тестирования по [1], формируется и внедряется в сознание экологов вывод, что чистых водных объектов вообще нет, а грязные (3, 4 класса качества) – уже нет смысла охранять.

Аналогичная оценка класса качества вод по [1] относительно ПДК_{сг}, (что противоречит методологии самого документа [1]), вместо пяти классов качества выявляет четыре. Использование абсолютных значений ПДК_{сг} при оценке класса качества воды по [1] приводит к более реальным выводам, адекватно выявляются водные объекты 1–3 классов качества. Тем не менее, определенное несоответствие значений гигиенических и экологических нормативов приводит к запоздалому фиксированию динамики ухудшения состояния природных водных объектов. Вместо фактических 4 и 5 классов качества воды фиксируются 3 и 4 классы, соответственно.

Неадекватность оценки состояния и прогнозов, выполняемых по ПДК р/х в системе государственного мониторинга водных объектов



Необходимо актуализировать все прогнозно-расчетные модели



| Система оценки | Классы качества воды | | | | |
|--|----------------------|--------|-----------------------|--------------|---------|
| Классификация с экологических позиций (по документам СЭВ, 1982 г.) | Очень чистая | Чистая | Умеренно загрязненная | Загрязненная | Грязная |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Результаты тестирования по используемой в России системе | | | | | |
| РД 52.24.643-2002 по ПДК_{р/х} | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Результаты тестирования при замене ПДК_{р/х} на ПДК_{с/г} | | | | | |
| РД 52.24.643-2002 по ПДК_{с/г} | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 |



Рисунок 1– Пример неадекватной оценки реального состояния водных объектов при использовании российской системы мониторинга

Представленный пример показывает, насколько может быть важна принимаемая система отсчета при разработке комплексных показателей качества воды (в данном случае, класса качества воды), использующая соотношение фактической концентрации к данным шкалы отсчета $C_{\text{факт.}}/C_{\text{ПДК}}$.

Отечественной системе мониторинга вод присущ широкий круг недостатков, связанный с отсутствием между различными ведомствами единого эколого-мониторингового пространства [4]. Использование в России более жестких, с использованием ПДК_{рх}, чем в европейских странах нормативов качества поверхностных вод фактически привело к искажению выводов всех используемых прогнозно-расчетных систем и неадекватности верификации выполняемых прогнозов. В природе не существует образца воды с ПДК_{рх}. При использовании наиболее широко применяемых критериев по химическим показателям относительно ПДК_{рх} невозможно формирование модели уязвимого состояния качества природных вод.

Очевидна необходимость корректировки прогнозно-расчетных методик и моделей оценки качества воды водных объектов с учетом экологической шкалы отсчета, рекомендованной в [3] и обеспечивающей оценку необратимых негативных изменений качества природной воды. Для этих целей разработана серия комплексных показателей [5] и критериев. В таблице 1 представлено соответствие между классами качества воды водных объектов с экологических позиций и характеристиками комплексных показателей.

Предлагаемая система оценки состояния водных объектов может напрямую использоваться при оценке их фактического состояния при техническом регулировании водопользования.

Таблица 1 – Оценочные показатели при оперативной оценке кризисности экосистемы

| № п/п | Оценочный показатель | Классы качества воды водных объектов с экологических позиций | | | | |
|-------|-----------------------------------|--|--------|------------------------------|---------------------------------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | Очень чистая | Чистая | Умеренно загрязненная | Загрязненная | Грязная |
| 1 | Кризисность экосистемы | Состояние обратимых изменений | | Пороговое уязвимое состояние | Состояние необратимых изменений | |
| 2 | Токсичность воды, балл | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | Показатель антропогенной нагрузки | 9÷15 | 16÷36 | 37÷74 | 74÷144 | >145 |
| 4 | Потенциал воздействия | | 6÷21 | 22÷36 | 37÷70 | >71 |

В современной практике мониторинга за рубежом, где присутствуют элементы автоматического контроля качества воды, используется ограниченный перечень приоритетных показателей, позволяющий объективно и в достаточной мере отслеживать сложившуюся в водном объекте ситуацию. Необходимость процесса гармонизации российской системы мониторинга с европейской не вызывает сомнений. Для использования минимального количества параметров с целью достоверной оценки состояния водного объекта упор предлагается производить на параметры, обеспечивающие выявление видов негативного воздействия. Такой подход должен обеспечить комплексную оценку и характеристику динамики изменения экологического состояния водных объектов [5].

Ориентация на комплексные показатели соответствует требованиям технологического нормирования, поскольку регулирование водопользования ориентируется не на индивидуальные компоненты, участвующие в технологическом процессе, а на их комбинацию, отражаемую определенными видами негативного воздействия (закисление, токсичность, эвтрофирование, засоление и др.), определяемыми количественными методами измерений, ориентированными на индивидуальные аналиты.

Разработана методика оперативной оценки класса качества воды по перечню приоритетных аналитов-маркеров, максимально отражающих возможные виды негативных воздействий [6]. При этом в процессе оценки класса качества воды по установленному классу дополнительно может быть получена информация:

- по всем ингредиентам, имеющимся в полной версии классификации воды с экологических позиций [3];
- по оценочным показателям, представленным в таблице 1, работы по которым не выполняются, но достоверные выводы в соответствии с установленным классом качества могут быть получены и использованы;
- по тенденции обратимых или необратимых изменений, характеризуемых определенными аналитами-маркерами.

Система [1] не использует результаты количественного химического анализа форм нахождения фосфора в воде водных объектов, а проблема предотвращения эвтрофирования водных объектов в России, провоцируемого, в т. ч. и соединения-

ми фосфора, весьма актуальна. Недооценивается и минерализация – базисный показатель класса качества воды, отражающий уровень биохимической трансформации и насыщения консервативными ингредиентами. Предлагаемая методика ликвидирует указанные недостатки. Подтверждено практическое её использование (рис. 2). Определяемый с экологических позиций класс качества воды может являться нормативом общего действия, комплексным критерием оценки изменений состояния водного объекта.

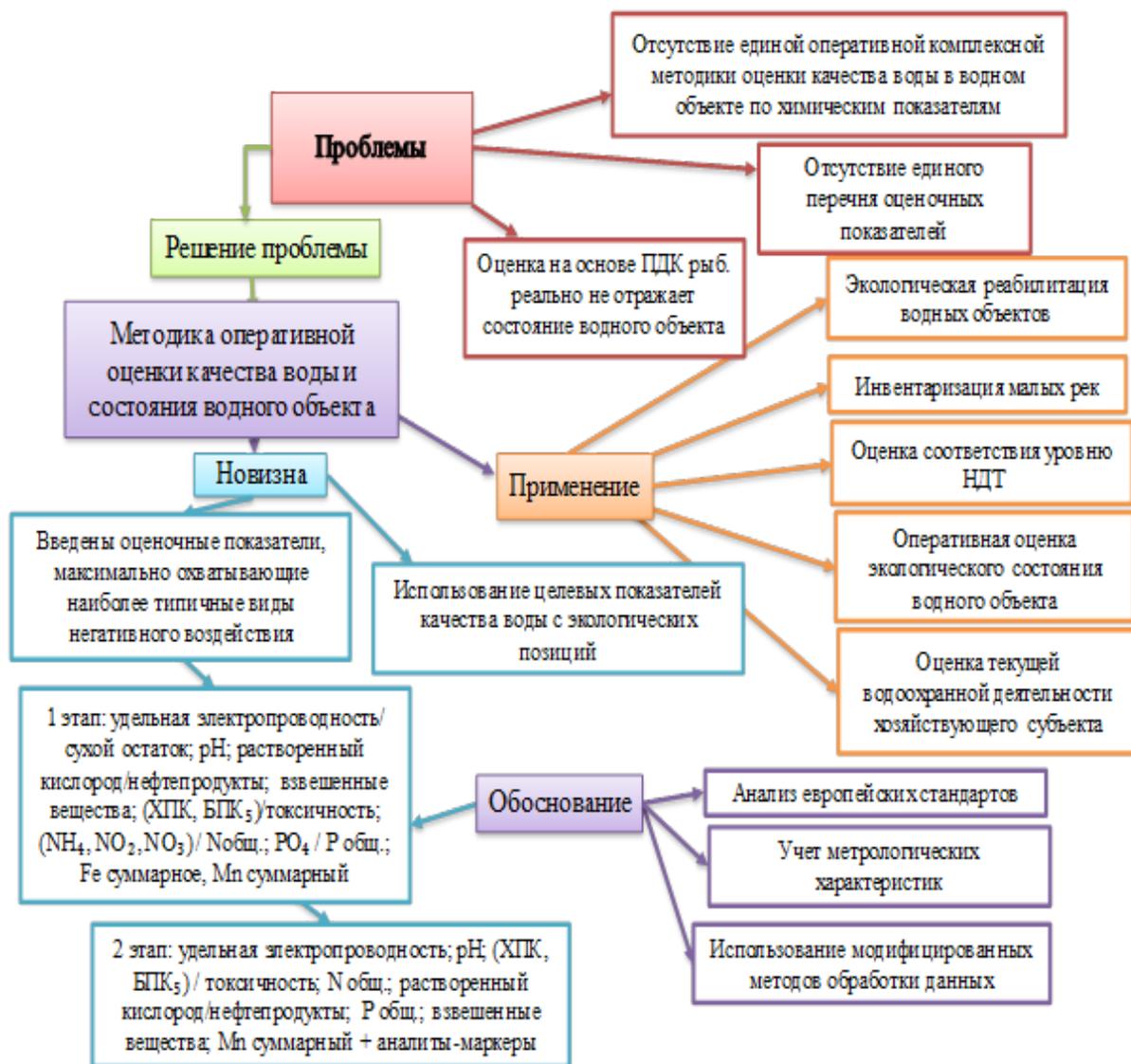


Рисунок 2 – Основные элементы методики оперативной оценки класса качества воды

На основе предложенных комплексных критериев оценки качества природных вод разработан стандарт «Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности». Проблемы внедрения технического регулирования водопользования, могут быть преодолены при внедрении в практику оценки реального экологического состояния водных объектов.

Необходимо в перечень условий по регулированию водопользования включать пункт, обязывающий водопользователей проводить оценку класса качества воды водного объекта с экологических позиций в створах, смежных со створом водопользования.

Список использованных источников

1. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Введен Росгидрометом 03.12.2002 г.
2. РД 52.24.633-2002. Методические основы создания и функционирования подсистемы мониторинга экологического регресса пресноводных экосистем. Введен Росгидрометом 24 апреля 2002 г.
3. Единые критерии качества вод. Совещание руководителей водохозяйственных органов стран-членов СЭВ. М.: СЭВ. 1982. 69 с.
4. Оболдина Г. А., Поздина Е. А. Проблемы мониторинга водных объектов // Водное хозяйство России. 2009. № 5. С. 4–16.
5. Оболдина Г. А., Сечкова Н. А., Попов А. Н., Поздина Е. А. Методы оценки комплексного воздействия технологий при водопользовании // Водное хозяйство России. 2014. № 2. С. 33 – 49.
6. Сечкова Н.А. Методика оперативной оценки качества воды и состояния водных объектов // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2013. № 12. С. 62–71.

УДК 556.555.6

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМ СУЩЕСТВОВАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНОВ ОДНОЙ ВОДНОЙ СИСТЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ р. ВОЛГА)

Г.Ю. Толкачёв

Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

Целью работы являлось выявление форм существования тяжёлых металлов (ТМ) в поровом растворе и твёрдой фазе донных отложений (ДО), оценка накопления и выноса этих форм по материалам натуральных исследований, а также сравнение полученных данных с данными по другим районам водной системы р. Волга.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Определить характер распределения ТМ в донных отложениях Ивановского водохранилища (р. Волга) и дать количественную оценку общей накопленной массы.
2. Оценить запасы подвижных форм ТМ, их сезонную динамику в твёрдой фазе ДО по отдельным плёсам.
3. Сравнить имеющиеся данные с литературными по другим районам р. Волги и оценить возможность использования данных по тяжелым металлам в ДО, полученных в одном районе для всей водной системы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для оценки равнодействующей процессов накопления и выноса микроэлементов в ДО был использован комбинированный метод, сочетающий в себе площадные съёмки донных отложений (верхний 10-см слой) в определённые сезоны года и ежемесячные наблюдения на постоянных станциях.

На станциях наблюдения в течение года проводился отбор придонной воды и донных отложений, причём интегральные образцы ДО разделялись на твёрдую фазу и поровый раствор. Процессы миграции ТМ в придонной воде, их аккумуляция ДО и водными организмами, токсические свойства не могут быть изучены только на основании данных об их валовом содержании. Достоверная интерпретация экспериментальных данных должна строиться на информации о формах нахождения тяжёлых металлов в придонных водах и донных отложениях. Поэтому наряду с

определением валовых содержаний ТМ были изучены формы их нахождения как в поровом растворе, так и в твёрдой фазе ДО. На основе полученных материалов была сделана оценка запасов ТМ в твёрдой фазе верхнего 10-сантиметрового слоя ДО и в выделенном поровом растворе по плёсам Иваньковского водохранилища, а также оценена динамика их изменения за период годовых наблюдений.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Донные отложения Иваньковского водохранилища формируются за счёт ежегодной аккумуляции взвешенного вещества в объёме 15665 тыс. т., что соответствует 71 % всего объёма поступлений в водоём рыхлообломочного материала. При этом около 66 % от всей аккумулируемой массы составляют продукты разрушения берегов водохранилища, и только 34 % приходится на долю взвешенного вещества, принесённого речным стоком с водосбора [4].

Изучение форм нахождения ТМ в системе «почвы водосбора – речного участка и водной массы – донные отложения» показало, что существует определённая наследовательность отношений подвижных форм элементов к их валовому содержанию от почв к донным отложениям. Некоторое снижение этого соотношения во взвесах водных масс водохранилища по сравнению с рекой можно объяснить смешением взвесей речного и берегового источников (табл. 1).

Таблица 1 - Процентная доля обменных и легкорастворимых форм ТМ от их валового содержания в твёрдой фазе гумусовых горизонтов почв, взвешенного вещества и донных отложений бассейна Иваньковского водохранилища (%)

| | Fe | Mn | Zn | Cu | Pb | Ni | Co |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Пахотная почва | 18.0 | 21.2 | 16.8 | 24.7 | 17.1 | 13.0 | 13.8 |
| Дерново-подзолистая почва | 10.0 | 16.1 | 16.3 | 21.0 | 11.0 | 16.6 | 10.1 |
| Взвеси речного участка Волги, половодье | 12.2 | 17.2 | 15.4 | 12.1 | 9.0 | 12.1 | 11.8 |
| Взвеси водохранилища, половодье | 8.3 | 12.3 | 14.1 | 6.0 | 2.2 | 4.6 | 7.1 |
| ДО водохранилища в июне на ст. Плоски | 10.8 | 16.5 | 23.1 | 6.1 | 3.0 | 8.0 | 10.3 |

В Иваньковском водохранилище, в результате процессов седиментации взвеси, равновесие резко сдвигается в сторону растворённых форм ТМ. Это характерно для таких элементов как Pb, Cr, Cd, Ni, Fe, Zn и свидетельствует об их накоплении в твёрдой фазе донных отложений водохранилища. В то же время сопоставление концентраций исследованных ТМ в растворённом виде и во взвешенном веществе в Верхней, а также в Нижней Волге (табл. 2) [2] подтверждает то, что в русловой части они сосредоточены в основном во взвеси.

Расчёт накопленной массы по плёсам водохранилища проводился на основании средних показателей. Практически по всем элементам наибольшими запасами обладает Иваньковский плёс, за исключением Cd. Он имеет максимальную площадь и является замыкающим.

По материалам летних площадных съёмок оценивалось содержание и масса растворённых форм ТМ в поровом растворе 10-сантиметрового слоя донных отложений в Иваньковском водохранилище. Как и ожидалось, наибольшая масса ТМ в поровом растворе находится на Иваньковском плёсе.

Таблица 2 - Среднее содержание ТМ в растворенной и взвешенной форме (%) в русловой части Нижней Волги и рукавах дельты (август–сентябрь 1997-1998 гг.) и соотношение взвешенных и растворенных форм (данные ИВП РАН и КаспНИРХ)

| | Zn | | Cu | | Mn | | Pb | |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Раств. | Взвеш. | Раств. | Взвеш. | Раств. | Взвеш. | Раств. | Взвеш. |
| Русловая часть | 81 | 19 | 20 | 80 | 15 | 85 | 17 | 83 |
| | 81 | 19 | 50 | 50 | 9 | 91 | 44 | 56 |
| Рукава дельты | 75 | 25 | 28 | 72 | 13 | 87 | 22 | 78 |
| | 83 | 17 | 58 | 42 | 10 | 90 | 30 | 70 |

Примечание: числитель – 1997 г., знаменатель – 1998 г.

Сравнение массы тяжелых металлов в твёрдой фазе и поровом растворе 10-сантиметрового слоя донных отложений показывает, что доля запасов ТМ в поровом растворе практически всех элементов в летний период незначительна. Необходимо подчеркнуть, что роль порового раствора в процессах вторичного загрязнения водных масс водохранилища не ограничивается запасами растворённых элементов. Часть ТМ, закреплённая в твёрдой фазе донных отложений, в определённых условиях переходит в поровый раствор и далее в водную массу, и переход ТМ из ДО в водную массу осуществляется транзитом через поровый раствор. Необходимо отметить высокий процент суммы подвижных соединений в твёрдой фазе донных отложений практически для всех изучаемых элементов. Можно сделать вывод, что именно изменение содержания тяжелых металлов в подвижных формах способствует изменению их валового содержания в ДО.

Исследования, проведённые ИВП РАН на Куйбышевском водохранилище и позднее на других водохранилищах Волжского каскада, показали, что в пределах одного водохранилища и сезона соотношение различных форм существования элементов в твёрдой фазе донных отложений остаётся постоянным по всей площади водоёма и меняется только по сезонам [1]. Процентное содержание элементов разной степени подвижности в ДО каждого плёса определялось по результатам исследований на станциях. Полученные данные свидетельствуют о том, что масса подвижных форм в 10-сантиметровом слое ДО плёса (а также всего водохранилища) значительна.

Необходимо подчеркнуть, что все подвижные формы могут участвовать в процессах массопереноса в системе "твёрдая фаза – поровый раствор – вода", а их содержание зависит от ряда факторов: меняющегося соотношения приходной и расходной составляющих баланса веществ, гидродинамической обстановки в придонном слое, физико-химических условий в верхнем 10-см слое донных отложений. На основе проведенных исследований можно сделать вывод о высокой изменчивости содержания подвижных форм изученных микроэлементов в верхнем 10-см слое донных отложений водохранилища, который активно вовлекается в процесс массообмена с водной массой водоёма. Изменение масс элементов в 10-см слое ДО

по сезонам характерно не только для ионообменных форм существования, но и для всех остальных подвижных форм.

Всё вышеизложенное позволяет говорить о том, что оценка изменения запасов подвижных форм в твёрдой фазе и поровом растворе донных отложений позволяет выявить как величину, так и направленность равнодействующей двух процессов – накопление элементов в ДО и их вынос. Такой баланс для каждого элемента позволяет оценить сезонные изменения равнодействующей накопления и выноса.

Имеющиеся данные были сопоставлены с данными, полученными для ДО дельты Волги также методом фазового анализа. Целью данного сопоставления являлось сравнение соотношения подвижных форм и валовых концентраций в пределах одной водной системы, но на разных участках.

Результаты анализов, выполненных для 15 проб донных отложений дельты Волги [3], представлены в таблице 3. Как следует из данной таблицы, даже в самых неблагоприятных условиях, например, при резком уменьшении величины рН в воде, реально перейти в поровый раствор может лишь относительно небольшая доля ТМ, содержащихся в твердой фазе осадков (сорбированные ионообменные формы). Процесс выноса микроэлементов из донных отложений в воду осуществляется за счет диффузии растворенных фракций и твердых частиц, изменения окислительно-восстановительных условий в придонном слое воды и в ДО, выхода грунтовых вод и других механизмов (в частности, биоперемешивания).

Таблица 3 - Отношение концентрации ионообменных форм тяжелых металлов (1-я экстракция) и суммы всех подвижных форм к валовой концентрации (%), (Бреховских, Волкова и др., 2010)

| Металлы | Сорбированные ионообменные формы/валовая концентрация | Сумма всех подвижных форм/валовая концентрация |
|---------|---|--|
| Cu | 18,0 | 35,6 |
| Zn | 29,0 | 54,6 |
| Ni | 7,0 | 19,3 |
| Cr | 20,4 | 47,6 |
| Pb | 18,3 | 30,7 |

Поровый раствор оказывает существенное влияние на скорость выноса микроэлементов, поскольку обладает большей подвижностью по сравнению с твердой фазой и является связующим звеном в цепи «вода–донные отложения». Он играет роль аккумулятора и носителя микроэлементов в процессах обмена загрязняющих веществ между водной средой и ДО [3]. Данное положение соответствует выводу, сделанному относительно роли порового раствора в Иваньковском водохранилище.

В результате сопоставления можно говорить о близком соотношении концентраций подвижных форм ТМ и их валового содержания в ДО Иваньковского водохранилища и Нижней Волги, несмотря на различие гидрологических, гидрохимических и метеорологических условий данных районов.

ВЫВОДЫ

1. Изучение соотношения взвешенных и растворённых форм тяжелых металлов в воде Верхней, Нижней Волги и Иваньковского водохранилища показало, что на речных участках ТМ мигрируют в основном во взвешенной форме, в то время как в воде водохранилищ для данных элементов преобладает растворённая форма.

2. Исследования трех подвижных форм элементов в твёрдой фазе донных отложений позволили определить высокий процент суммы подвижных форм по отношению к их валовому содержанию. Установлено, что состав прочно связанных с твердой фазой микрокомпонентов обладает высокой стабильностью, а состав и соотношение подвижных форм обладает высокой изменчивостью. Изменение запасов тяжелых металлов в донных отложениях зависит от изменения запасов подвижных форм.

3. Сравнение отношений концентраций подвижных форм ТМ к их валовому содержанию в твёрдой фазе донных отложений Нижней Волги и Ивановского водохранилища показало близкие значения на обоих участках, что в свою очередь может говорить о едином механизме миграции и трансформации микроэлементов в ДО в пределах одной водной системы.

4. Установлено, что в Нижней Волге, как и в Ивановском водохранилище, масса элементов, находящихся в поровом растворе донных отложений, составляет незначительную долю накопленной массы в твёрдой фазе ДО.

5. Оценка изменения запасов подвижных форм в твёрдой фазе и поровом растворе донных отложений позволяет выявить как величину, так и направленность равнодействующей двух процессов – накопление элементов в ДО и их вынос. Такой баланс для каждого элемента позволяет оценить сезонные изменения равнодействующей накопления и выноса.

Список использованных источников

1. Веницианов Е.В., Кочарян А.Г., Сафронова Н.С., Серенькая Е.П. Сезонные изменения форм нахождения тяжёлых металлов в донных отложениях Куйбышевского водохранилища. // Водные ресурсы. 2003, № 4, т 30, с. 443-451.

2. Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Монахов С.К. Динамика потоков загрязняющих веществ в дельте р. Волги. // Вода: химия и экология. 2011, № 4, с.9-17.

3. Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Перекальский В.М., Ильзова Ф.Ш. Тяжёлые металлы в донных отложениях Нижней Волги и дельты реки. // Вода: химия и экология. 2010, № 2, с.2-10.

4. Законнов В.В. Пространственно-временная неоднородность распределения и накопления донных отложений Верхневолжских водохранилищ. // Водные ресурсы. 1995, № 3, т. 22, с. 362-371.

УДК 628.161:627.221.2(282.247.36)

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ПРИРОДНУЮ ВОДУ

**Е.Д. Хецуриани^{1,2}, И.А. Лапина¹, А.С. Териков¹, Т.Е. Хецуриани¹,
Д.И. Зершиков¹**

¹Южно-Российский ГПУ (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия;

²Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

В настоящее время поверхность Мирового океана на огромных площадях оказалась покрытой углеводородной пленкой. Причинами этого считают:

- сброс отходов нефтеперегонных заводов (например, только один завод средней мощности дает 400 т отходов в сутки–[1]);
- сброс балласта и промывка танков нефтевозов после транспортировки (количество нефти, попадающей при этом в воду, в среднем, составляет 1 % от перевозимого груза, т. е. 1-2 Мт год) [1];
- большое число аварий с нефтеналивными судами [1].

В настоящее время по морю ежегодно транспортируется более 1 млрд. т нефти. Часть этой нефти (от 0,1 до 0,5 %) выбрасывается в океан более или менее легально: речь идет не о непредвиденном, а в некотором смысле сознательном загрязнении в результате практики сброса промывочных и балластных вод в открытое море. После разгрузки нефтяные танки промываются морской водой, а потом заполняются ею как балластом, что придает судну большую устойчивость. Эта вода, загрязненная нефтью, впоследствии сбрасывается в зонах открытого моря, специально оговоренных международными соглашениями. Например, только за год в Средиземном море легально сбрасывается около 300 000 т груза нефтеналивных судов.

На рисунке 1 приведены доли разных антропогенных источников в загрязнении океана нефтепродуктами. Но, необходимо учитывать и то, что нефть – природное вещество и попадает в морскую воду не только в результате техногенной активности, но и с естественными выходами (по разным оценкам от 20 кт до 2 Мт/ год). Расчеты антропогенного поступления нефти и нефтепродуктов, по разным источникам, существенно различаются, варьируя в пределах от 3 до 6 Мт год⁻¹. В любом случае это превосходит естественное поступление нефти в 1,5 – 30 раз. Необходимо обратить внимание на то, что техногенное поступление нефтепродуктов далеко не всегда связано с прямыми выбросами в воду. Чрезвычайно мощным источником загрязнения открытых районов океана являются дальние атмосферные переносы. Возникновение этого потока связано с неполным сгоранием бензина, керосина и других легких фракций нефти. Время их пребывания в атмосфере составляет 0,5-2,3 года, причем около 90 % этих веществ выпадает из атмосферы в северном полушарии. Следует отметить и более высокую, как правило, токсичность этих легких нефтепродуктов по сравнению с тяжелыми фракциями, которые ближе к естественной нефти.

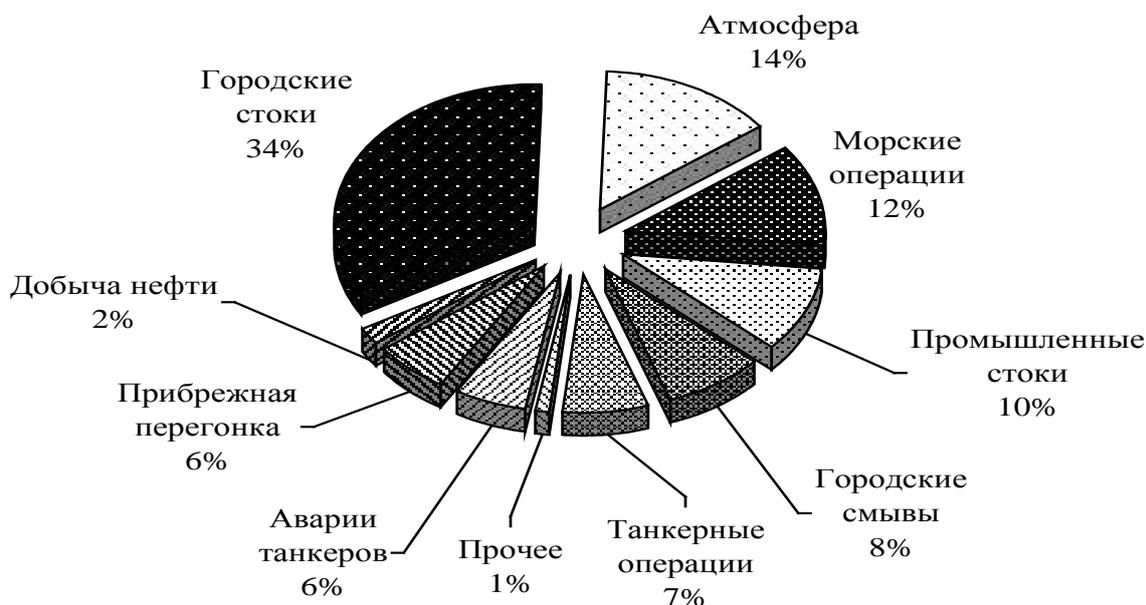


Рисунок 1 - Антропогенное поступление нефтепродуктов в океаны

Нефть из разных месторождений существенно отличается по химическому составу (табл. 1). Так, нефть Северного моря относительно светлая, содержит много легких фракций, нефть из Венесуэлы – тяжелая и темная. Естественно, что основные химические элементы нефти – углерод (80-87 %) и водород (10-15 %). Кроме

того, в гетероциклических соединениях нефти содержатся также обычные для органических соединений сера (0-10 %), кислород (0-5 %) и азот (0-1 %). Помимо этих элементов, сырая нефть включает целый ряд металлов в следовых количествах – V, Ni, Fe, Al, Na, Ca, Cu, U [2].

В море нефть встречается в самых разных формах: мономолекулярные пленки, пленки толщиной до нескольких миллиметров, пленки на скалах, нефть в донных осадках, эмульсии «вода в нефти» или «нефть в воде», нефтяные агрегаты.

Сразу же при попадании нефти в морскую среду обычно образуется слик (поверхностная пленка). В первые часы существования нефтяного слика доминируют физико-химические процессы. Затем важнейшее значение приобретает микробная деструкция. В целом судьба нефтяного слика в море характеризуется общей цепью последовательных процессов: испарение, эмульгирование, растворение, окисление, образование агрегатов, седиментация, биодegradация, включающая микробное разрушение и ассимиляцию.

Таблица 1 - Среднее содержание основных классов углеводородов и их производных (%) в нефти и бензине из различных месторождений

| Компоненты | Сырая нефть | Бензин |
|---|-------------|---------|
| Алифатические или парафиновые (алканы) | 15-55 | 25-68 |
| Циклопарафиновые (циклоалканы, нафтены) | 30-50 | 5-24 |
| Ароматические (бензины и полинуклиарные соединения) | 5-20 | 7-55 |
| Асфальтовые соединения (асфальтены, гетероциклические вещества, содержащие кислород, серу и азот) | 2-15 | 0,1-0,5 |
| Олефины (алканы или этиленовые соединения) | 0 | 0-41 |

1 т нефти, растекаясь по поверхности океана пленкой толщиной в 1/16 мкм, занимает площадь 10-12 км², а 5 т, сброшенных при промывке танков, образуют на поверхности воды покрывало длиной 75 км и шириной 800 м, т.е. нефтяная пленка покрывает площадь около 60 км² [2].

Выводы

От нефтяного загрязнения страдают, естественно, не только морские, но и пресные воды. Сточные воды нефтеперегонных заводов, смена масла в автомобилях, утечки масла из картеров, расплескивание бензина и дизельного топлива в момент заправки автомобилей – все это приводит к загрязнению источников воды и водоносных слоев. При этом загрязняются не только и даже не столько поверхностные, сколько подземные воды. Поскольку бензин проникает в почву в семь раз быстрее, чем вода, и придает неприятный вкус питьевой воде даже при таких низких концентрациях, как 1 млн⁻¹, подобное загрязнение способно сделать неприемлемой для питья довольно значительное количество подземных вод.

Список использованных источников

1. Зилов Е. А. Гидробиология и водная экология: учебное пособие / Е. А. Зилов. – Иркутск: Иркут. ун-т, 2007.
2. Кормаков Д. «Борьба с загрязнением моря нефтью и химическими веществами» /Пер. с англ. – Москва: Транспорт, 1989 г.

ДИНАМИКА ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК САРПИНСКОЙ ВОДНОЙ СИСТЕМЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Д.В. Церен-Убушиева, Л.Х. Сангаджиева

ФГБОУ ВО Калмыцкий государственный университет, г. Элиста, Россия

В северо-западной части Прикаспийской низменности в настоящее время функционирует многоотраслевой водохозяйственный комплекс, основное назначение которого – хозяйственно-питьевое водоснабжение. Снижение рисков в водопользовании связано с гарантированной и устойчивой обеспеченностью водой (в первую очередь питьевой) всех участников водохозяйственного комплекса при соблюдении экологических условий функционирования водоема.

Проблемы использования водных ресурсов оросительных систем наряду с водными запасами естественных озер должны сегодня рассматриваться с учетом масштабов их влияния на эколого-экономическую ситуацию не только в региональном, бассейновом, но и в более широком аспекте. Проблема качества воды Сарпинской оросительно-обводнительной системы (СООС) стала особенно актуальной в последние годы, когда возросла ее роль как источника питьевой воды. Повысились требования не только к рациональному распределению воды, но и к ее качественному составу, как правило, связанному с интенсивным хозяйственным освоением территорий, прилегающих к оросительной системе.

Сарпинскую систему можно рассматривать как полигон для выполнения комплексных исследований водных экосистем, сформировавшихся при длительной эксплуатации. В первую очередь это многолетние изменения гидролого-гидрохимического режима водной системы [1-4], которые определяют экологические условия водоемов и формирование химического состава воды в крупной природно-техногенной системе.

Отбор проб воды проводили из артезианских скважин, колодцев, каналов оросительной системы, рек и озер. Химико-аналитические работы выполнены в лаборатории кафедры химии Калмыцкого государственного университета им. Б.Б. Городовикова по стандартным методикам [5, 6]. Выполнена статистическая обработка химико-аналитических данных, в частности, дисперсионный анализ результатов определения концентраций химических элементов в пробах воды, характеризующих гидрохимический режим Сарпинской системы в разные сезоны.

Поскольку загрязнению в большей степени подвержены поверхностные воды, большое внимание при организации водоснабжения уделяется подземным водам: артезианским скважинам и колодцам. Используется привозная питьевая вода из Волги. На левобережье р. Волги в летний сезон многие мелкие рукава пересыхают и на отдельных участках превращаются в цепочку небольших озер с болотной растительностью. В водах открытых водоемов (река, озеро, пруд) и в оросительных системах превышения ПДК отмечаются по минерализации, жесткости, содержанию сульфатов и хлоридов. Некоторые гидрохимические характеристики поверхностных и подземных вод района исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Гидрохимическая характеристика воды

| Место взятия проб | Ми- нера- лиза- ция, г/л | Жест- кость, мэкв/л | рН | В числителе мэкв/л, в знаменателе г/л | | | | | | $r \frac{Na}{Cl}$ |
|---|--------------------------------------|---------------------------|------|---------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------|
| | | | | Ca | Mg | Na | HCO ₃ | SO ₄ | Cl | |
| Подземные и грунтовые воды | | | | | | | | | | |
| п. Барун, колодец | 1,58 | 28,99 | 8,40 | $\frac{0,71}{0,194}$ | $\frac{1,785}{0,021}$ | $\frac{13,151}{0,198}$ | $\frac{6,901}{0,421}$ | $\frac{9,583}{0,460}$ | $\frac{8,162}{0,289}$ | 1,61 |
| Барун, ферма, колодец | 0,91 | 5,86 | 8,10 | $\frac{0,714}{0,014}$ | $\frac{2,213}{0,027}$ | $\frac{11,724}{0,269}$ | $\frac{6,592}{0,395}$ | $\frac{2,229}{0,107}$ | $\frac{5,830}{0,207}$ | 2,01 |
| п.Барун, артезиан. скв. | 1,35 | 24,99 | 8,28 | $\frac{8,925}{0,178}$ | $\frac{3,570}{0,043}$ | $\frac{8,322}{0,191}$ | $\frac{4,738}{0,289}$ | $\frac{7,917}{0,380}$ | $\frac{8,162}{0,289}$ | 1,02 |
| п.Перво- майский колодец | 2,32 | 7,57 | 8,50 | $\frac{1,000}{0,020}$ | $\frac{2,785}{0,033}$ | $\frac{26,976}{0,831}$ | $\frac{7,725}{0,471}$ | $\frac{10,210}{0,490}$ | $\frac{12,826}{0,455}$ | 2,1 |
| Оросительные системы, река Волга, озеро | | | | | | | | | | |
| п.Джангр, главный сброс КАРОС | 0,66 | 9,28 | 7,34 | $\frac{1,142}{0,023}$ | $\frac{3,499}{0,042}$ | $\frac{13,709}{0,131}$ | $\frac{2,060}{0,126}$ | $\frac{5,958}{0,186}$ | $\frac{2,332}{0,083}$ | 5,88 |
| п.Барун, сбросной канал КАРОС | 2,24 | 29,27 | 8,10 | $\frac{9,853}{0,197}$ | $\frac{4,784}{0,057}$ | $\frac{20,062}{0,461}$ | $\frac{3,708}{0,226}$ | $\frac{15,833}{0,760}$ | $\frac{15,158}{0,538}$ | 1,32 |
| п.Иджил, главный сброс КАРОС | 1,92 | 11,99 | 7,98 | $\frac{6,607}{0,132}$ | $\frac{3,784}{0,045}$ | $\frac{19,385}{0,446}$ | $\frac{2,575}{0,157}$ | $\frac{14,375}{0,690}$ | $\frac{12,826}{0,455}$ | 1,51 |
| п.Цаган- Аман р.Волга | 0,85 | 8,71 | 8,80 | $\frac{1,785}{0,036}$ | $\frac{2,570}{0,031}$ | $\frac{7,815}{0,180}$ | $\frac{6,064}{0,553}$ | $\frac{5,412}{0,260}$ | $\frac{2,332}{0,083}$ | 3,35 |
| п. Цаган- Нур, оз.Сарпа | 5,14 | 16,00 | 7,80 | $\frac{9,500}{0,290}$ | $\frac{7,500}{0,092}$ | $\frac{75,000}{1,691}$ | $\frac{5,200}{0,319}$ | $\frac{30,800}{0,987}$ | $\frac{51,600}{1,835}$ | 1,49 |
| Норматив, г/л | 1,00 | 7,00 | 6-9 | 0,03- 0,14 | 0,050 | 0,200 | - | 0,500 | 0,350 | |

Однако в большинстве подземных вод, используемых для питьевых целей, наблюдается повышенная минерализация. По минерализации в подземных водах отмечено превышение норматива (более 1000 мг/л) для питьевых вод у всех проб, кроме скважины на ферме п. Барун. Превышение норматива жесткости (более 7 мг-экв/л) в 3-3,5 раза отмечено для колодцев, а также значительное содержание

натрия, бора, железа, марганца, отмечен дефицит фтора. Отношение Na:Cl находятся в широких пределах: от 1,02 до 2,10. Поэтому обеспечение населения качественной питьевой водой из подземных источников остается важной задачей. Населенные пункты, находящиеся на территориях, тяготеющих к каналам, пока стремятся обеспечить питьевое водоснабжение за счет поверхностных вод.

Химический состав воды в каналах СОС определяется общим водным стоком и имеет четко выраженный сезонный характер: более высокое относительное содержание растворенных солей наблюдается в летнее время, более низкое - в осенне-зимний период. Во все сезоны преобладающими являются ионы HCO_3^{-1} , содержание которых колеблется в пределах 126-555 мг/л (30-45 %-экв от суммы ионов). Основную часть катионов в воде каналов составляют ионы Ca^{+2} (23-290 мг/л или 25-38 %-экв). Содержание ионов Mg^{+2} колеблется в пределах 31-57 мг/л (6-15 %-экв). Жесткость воды в канале повышенная: 8,7-11,3 мг-экв/л зимой и высокая 9,3-29,2 мг-экв/л весной [7].

В многолетнем ряду наблюдений не выявлено существенных различий в содержании главных ионов по акватории озер. На формирование солевого состава донных отложений оказывает влияние состав воды: в воде и донных отложениях озера Сарпа преобладают ионы натрия и хлора, в озере Ханата в воде преобладают ионы натрия и сульфаты, в донных отложениях - натрий и гидрокарбонаты.

На формирование режима биогенных элементов в Сарпинских озерах основное влияние оказывает гидрохимический сток, а в иных водных системах содержание биогенных элементов определяется внутренними процессами. В отдельные гидрологические сезоны вода канала загрязняется нефтепродуктами, фенолами, а также нитратами и соединениями, содержащими ионы аммония. В воде и в донных отложениях обнаружены соединения тяжелых металлов (железо, марганец, медь, никель, хром, свинец), концентрации которых в отдельных случаях превышают предельно допустимые [5]. Содержание металлов находится в близких значениях с подземными водами. По содержанию металлов в исследованных водах нет превышения нормативов по Al, Pb, Cd, As, отмечается превышение по Zn и Cu для р. Волги и оз. Сарпа.

Применение различных оценок качества воды дает разные результаты. Считается, что в целом качество воды в Сарпинской водной системе удовлетворительное. Однако в каждом водохранилище имеются свои ареалы как с высоким, так и со средним и низким загрязнением водной среды и донных отложений.

Установлены уровни концентрации токсичных элементов в водах Сарпинских озер. Содержание железа находится в пределах 0,3-0,8 мг/л (ПДК <0,3 мг/л). В 2003 году в озере Сарпа уровень железа уменьшился в 1,6 раза, а в озере Ханата увеличился в 1,52 раза. Содержание меди в воде находится в пределах 0,007-0,03 мг/л, не превышает ПДК (ПДК <1,0 мг/л). Уровень меди в озере Сарпа увеличился в 10 раз, в озере Ханата в 4,3 раза. В донных отложениях содержание меди увеличилось в озере Сарпа в 3 раза, в озере Ханата в 4 раза. Содержание цинка находится в пределах 0,12-0,60 мг/л (ПДК <5,0 мг/л). Уровень цинка в озере Сарпа увеличился в 1,3 раза за период с 2003-2005 гг., а в озере Ханата в 1,25 раз; в донных отложениях накопление цинка идет в 1,5 раза, а в озере Сарпа, в 2 раза быстрее, чем в озере Ханата. Содержание свинца находится в пределах 0,0001-0,026 мг/л, что не превышает ПДК (ПДК <0,03 мг/л). Уровень свинца в водах озера Сарпа понизился в 1,33 раза, в донных отложениях увеличился в 35 раз. Уровень свинца в водах озера Ханата повысился в 1,74 раза, а в донных отложениях понизился в 8 раз. Содержание кад-

мия находится в пределах 0,01-0,05 мг/л, что превышает ПДК в 50 раз (ПДК <0,001мг/л). Уровень кадмия в озере Сарпа увеличился в 5 раз, а в озере Ханата в 6 раз. Содержание кобальта в озере Сарпа в 2003 году составляет 0,00037 мг/л, в остальные годы кобальт не обнаружен. Содержание кобальта в озере Ханата уменьшилось в 1,6 раза.

Таким образом, по уровням концентраций токсичных элементов в озерах произошли значительные изменения. В водах озера Сарпа увеличилось содержание меди, цинка, кадмия, в донных отложениях увеличились концентрации меди, цинка, свинца, осталось без изменения или уменьшилось содержание железа, кобальта. По экологической оценке вода озера Сарпа по содержанию железа, цинка, кадмия предельно грязная; по содержанию меди менялась за этот период от вполне чистой (2003 г.) до предельно грязной (2004 г.) и сильно загрязненной (2005 г.). Озеро Ханата более загрязненное: увеличилось содержание железа, меди, свинца, цинка, кадмия, в донных отложениях увеличилось содержание меди, цинка; понизилось содержание свинца и кобальта. По экологической оценке вода озера Ханата предельно грязная по содержанию железа, цинка, кадмия; содержание меди повысилось, и класс загрязнения стал весьма грязным. По содержанию свинца и кобальта вода относится к чистой и вполне чистой. Такие изменения, возможно, объясняются значительным снижением положения уровня воды в последние годы.

При характеристике современного состояния качества воды р. Волга необходимо иметь в виду, что на основе разрозненной и неполной информации качество воды по этим результатам обладает большой изменчивостью. Для нескольких десятков показателей качества воды коэффициенты пространственной вариации изменялись от 0,25 до 1,56, что свидетельствует о пространственных различиях абсолютных концентраций на 1-2 порядка. Лишь для немногих показателей коэффициент вариации меньше 20 %.

В совокупности указанных экологических тенденций трудно однозначно выделить те, которые обусловлены прямым антропогенным воздействием (загрязнение, режим регулирования, промысел) и те, которые являются опосредованным результатом внутренних процессов в нарушенных экосистемах водохранилищ. Состояние экологического стресса, скорее всего, обусловлено различными причинами, в т.ч. и многолетними циклическими колебаниями геофизических факторов (гидрометеорологических, радиационных, геомагнитных и т.д.). Кроме того, широко используется водоем в рекреационных целях: в его береговой зоне расположены заказники, начинается развитие баз отдыха. Поэтому условия формирования качества воды в Сарпинской водной системе тесно связаны с организацией водоохраных зон и поддержанием на этих территориях нормативного режима.

Знаменательно, что наиболее значимое уменьшение содержания элементов (в 2-3 раза) в рассматриваемых водных системах происходит на границе перехода от почвенных вод к поверхностным. Это касается большинства элементов, включая кальций, магний, гидрокарбонаты и кремний. В то же время в системе артезианские воды – ручьи – реки - озера содержание выше названных компонентов изменяется незначительно. Исключением является кремний, его содержание в реках и озерах по сравнению с ручьями изменилось вдвое. Это объясняется существенным потреблением кремния водными организмами, для которых этот элемент в южных широтах является постоянным. Результатом являются низкие и отрицательные величины корреляции между величиной рН и содержанием кремния в водах озер и рек.

В данном случае необходимо принять меры по нормализации гидрологиче-

ского распределения малых степных водоемов. В частности, необходимо законсервировать строительство новых гидрологических сооружений и рассмотреть возможности деконструкции нерентабельных малых водоемов, которые препятствуют нормальному поступлению воды в водоемы Сарпинской системы. Для поддержания качества воды в Сарпинской системе в нормативном состоянии особую актуальность приобретают мероприятия по организации водоохраных зон, содержанию их в надлежащем состоянии, что ограничит поступление в систему загрязняющих веществ с собственного водосбора. Улучшение экологической ситуации связано также с защитой берегов от эрозии. Особенности многолетних изменений гидролого-гидрохимического режима Сарпинской ООС существенно влияют на формирование водных экосистем, процессы эвтрофикации водоемов, их продуктивность и качество воды.

Список использованных источников

1. Баранова М.В., Бармин А.Н. и др. Экологическая оценка состояния окружающей среды Красноярского района Астраханской области. – Астрахань: Изд. дом «Астраханский университет», 2008. – 127с.
2. Бембеев В. Э.-Г., Бембеев А.В. Состояние минерально-сырьевой базы Республики Калмыкия и пути ее развития//Разведка и охрана недр. 1995, - № 11. – С. 9-11.
3. Бортник В.Н., Кукса В.И., Салтанкин В.П. Современная геоэкологическая ситуация в Волго-Каспийском бассейне//Водные ресурсы. 1997. - Т.24, - №5, - С.548-555.
4. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа. 1988. -327с.
5. ГОСТ 17.3.07-82 «Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков».
6. Руководство по химическому анализу вод суши//под ред. А.Д. Семенова. Л.: Гидрометеопиздат, 1973.
7. Сангаджиева Л.Х. Микроэлементы в ландшафтах Калмыкии и биогеохимические районирование ее территории. – Элиста: Джангар. 2004. – 119 с.

УДК 628.1

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В.В. Шабанов, В.Н. Маркин

РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Планирование деятельности по использованию и охране водных ресурсов на крупномасштабных объектах (например, бассейны рек, в том числе трансграничных и их участки). связано с разработкой экологической стратегии использования водных объектов. В силу масштабности и многофакторности эта задача достаточно сложная.

Решаемые задачи:

- оценка экологического состояния экосистемы;
- прогноз изменения качества воды и состояния экосистемы при оценке планируемой на перспективу водохозяйственной деятельности и определении допустимых воздействий;
- определение эффективности водоохраных мероприятий, позволяющих добиться заданного уровня качества вод и «здорового» состояния экосистемы.

Решение задач требует большого количества исходных гидрохимических и гидрологических данных, для разных створов водного объекта в разные по водности годы. В этих условиях определённый интерес представляет:

- сокращение количества исходных данных;

- возможность использования, хорошо известных и применяемых в инженерной практике гидрохимических показателей;
- упрощение расчётов без потери их значимости и точности получаемых результатов.

Для решения вопросов в поставленной форме предлагается «Метод связи характеристик» [3], который основан на взаимосвязи и взаимозависимости биотических показателей водной экосистемы и характеристик среды обитания водной биоты. Метод использует комплексный показатель качества воды (например, индекс загрязнения воды ИЗВ или коэффициент предельной загрязнённости), учитывающий абиотические и биотические факторы водной среды.

Абиотические факторы отражают состояние водной среды, биотические - характеризуют состояние биоты.

Очевидно, что все факторы водной среды связаны между собой, так как характеризуют конкретную водную экосистему. Такое положение обосновано законами экологии [2]: «Все связано со всем»; «Закон экологической корреляции»; «Закон оптимальности».

Связи между параметрами состояния экосистемы или отдельными ее компонентами не всегда возможно достоверно выявить, в силу влияния многих других факторов. Поэтому для определения комплексного показателя используются те параметры, для которых связи достаточно постоянны, в пространственно временном отношении, и достоверны (табл. 1) [4].

Таблица 1 - Связь показателей состояния водной экосистемы и качества воды

| Оценочный показатель | Класс качества воды | | | | | |
|--------------------------|---------------------|-------------|------------|-------------|-----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ИЗВ | ≤0.2 | 0.2...1 | 1...2 | 2...4 | 4...6 | >6 |
| Кпз | <-0.8 | -0.8...0 | 0...1 | 1...3 | 3...5 | >5 |
| NH ₄ , мг/л | <0.05 | 0.05...0.2 | 0.2...0.5 | 0.5...2.5 | 2.5...5 | >5 |
| NO ₂ ,мкг/л | 0 | 0...5 | 6...20 | 20...100 | 100...300 | >300 |
| NO ₃ , мг/л | <0.05 | 0.05-0.50 | 0.5-1.5 | 1.5-2.5 | 2.5-4 | >4 |
| O ₂ ,мг/л | 100-90 | 90-80 | 80-60 | 60-30 | 30-10 | >10 |
| Фосфаты, мкгР/л | 5...15 | 15...50 | 50...200 | 200...300 | | >300 |
| БПК ₅ , мгО/л | 0.5...1 | 1...2 | 2...3 | 3...4 | 4...10 | >10 |
| Индекс сапробности | ≤0.5 | 0.5...1.5 | 1.5...2.5 | 2.5...3.5 | 3.5...4 | >4 |
| Сапробность | ксено- | олиго- | β-мезо | α-мезо- | | Поли- |
| Индекс Шеннона, Н | 3.1...2.3 | 2.3...1.9 | 1.9...1.52 | 1.52...1.25 | | 1.25...1 |
| Трофность | Олиго- | Мезотрофная | | Эвтрофная | | Гипер- |

Классы качества воды: 1 – очень чистая; 2 – чистая; 3 – умеренно загрязненная; 4 – загрязненная; 5 – грязная; 6 – очень грязная

Предлагаемый метод позволяет учесть прямое и косвенное антропогенное влияние на водные объекты. Прямое – связано с водопотреблением и сбросом сточных вод. Косвенное влияние, связанное с хозяйственной деятельностью на водосборной площади.

«Метод связи характеристик», на основе простых соотношений позволяет использовать гидрологическую (например, об объёме речного стока) и гидрохимическую информацию, для оценки экологического состояния водного объекта. Непосредственное использование гидрологических параметров позволяет оценивать разные варианты планируемой для реализации водохозяйственной деятельности и выбирать наиболее приемлемые.

Достоинства метода:

- легко реализуется распространёнными программными продуктами, например, Microsoft Excel;
- основан на взаимозависимости гидрологических, гидрохимических и гидробиологических факторов водной экосистемы (что важно, так как водохозяйственная деятельность изменяет параметры среды обитания гидробионтов);
- возможность прогноза качества воды (рис. 1) и экологического состояния рек (рис. 2) с помощью легко доступной информации об объёмах стока и его загрязнённости (объёмы речного стока, сведения о загрязнённости речной воды или сточных вод, участвующих в формировании качества воды в водных объектах);
- применим для крупномасштабных объектов, позволяет планировать водохозяйственные мероприятия (табл. 2).

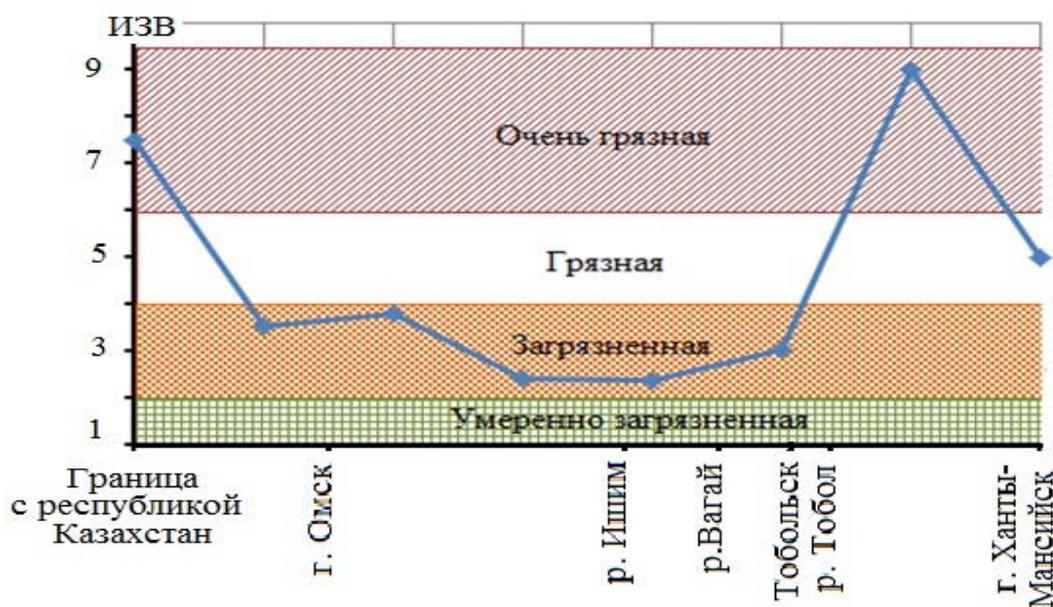


Рисунок 1 - Изменение класса качества воды реки Иртыш.
Обеспеченность стока 95 %

Таблица 2 - Требуемая эффективность водоохраных мероприятий для доведения класса качества воды в реке Иртыш до состояния «умеренно чистая»

| Водоохраные мероприятия | Обеспеченность стока, % | | | |
|--|-------------------------|----|----|----|
| | 25 | 50 | 75 | 95 |
| Улучшение качества воды в створе границы с республикой Казахстан | 50 | 56 | 64 | 73 |
| Очистка стоков г. Тобольск | 59 | 62 | 76 | 80 |
| Улучшение качества воды в реке Тобол | - | - | 43 | 53 |

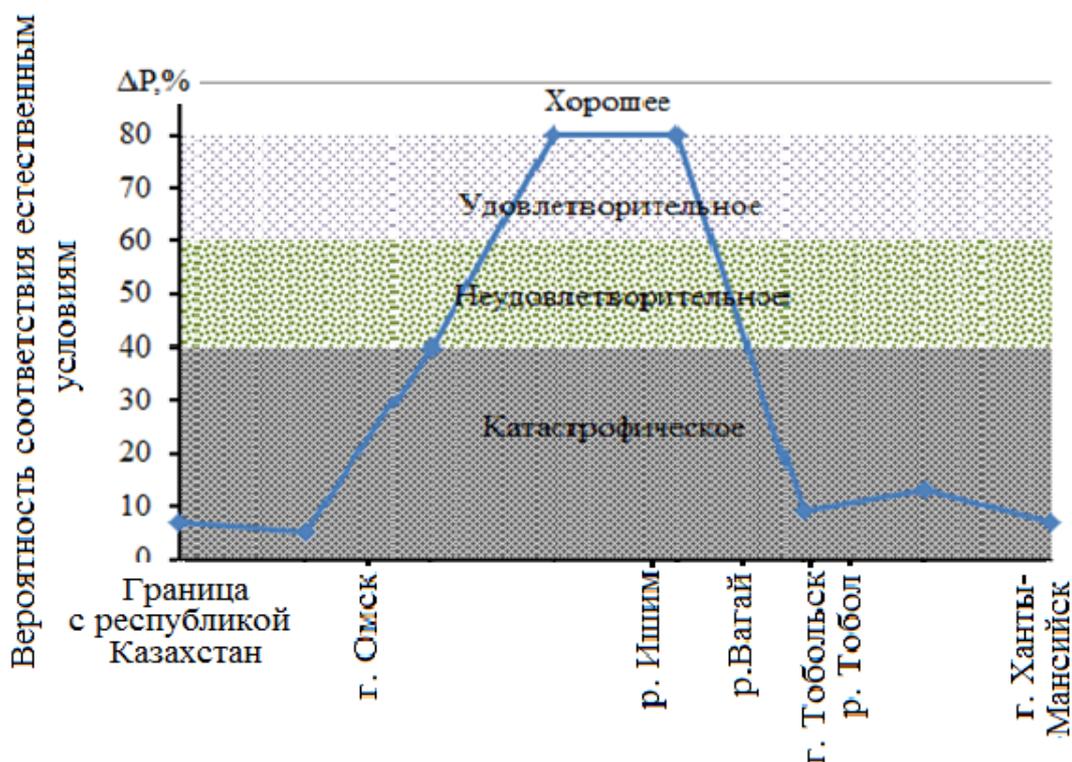


Рисунок 2 - Изменение экологического состояния реки Иртыш.
Обеспеченность стока 95 %

Выводы

1. Предлагаемый метод - «Метод связи характеристик» позволяет достаточно просто анализировать эколого-водохозяйственное состояние водных систем водосбор – водный объект и учесть прямое и косвенное антропогенное влияние на водные объекты. Прямое – связанное с водопотреблением и сбросом сточных вод. Косвенное влияние, связанное с хозяйственной деятельностью на водосборной площади.

2. Использование такого подхода в «Схеме комплексного использования охраны водных ресурсов бассейна реки Иртыш», показало его работоспособность и эффективность, которая проявилась в возможности оценить эколого-водохозяйственную обстановку рек бассейна, используя доступную гидрологическую и гидрохимическую информацию.

3. Развитие предлагаемого подхода может дать возможность перейти от гидрохимической оценки состояния водного объекта к эколого-водохозяйственной, что позволит более объективно планировать водохозяйственные балансы.

Список использованных источников

1. Дмитриев В.В. Оценка экологического состояния водных объектов суши. ч.2 Уязвимость водной экосистемы. СПб, Изд-во СПбГПУ, 2003 [Электронный ресурс]. <http://www.eco.nw.ru/lib/data/10/07/010710.htm> (по данным на 04.03.2016)
 2. Реймерс Н. Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. - М.: «Россия молодая» - 1994. - С. 366
 3. Шабанов В.В., Маркин В.Н. «Эколого-водохозяйственная оценка водных объектов» - М: МГУП - 2009. – С.154
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – С. 463.

МЕТОДЫ ДЕЗИНФЕКЦИИ В УСТАНОВКЕ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ РАЗВЕДЕНИИ ГИДРОБИОНТОВ

С.А. Шукин¹, И.А. Лапина¹, А.С. Териков, Е.Д. Хецуриани^{1,2}, Т.Е. Хецуриани¹

¹Южно-Российский ГПУ (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия;

²Донской государственной технический университет, г. Ростов-на-Дону

Технология замкнутого водоснабжения, для разведения различных гидробионтов появилась в международной практике в начале предыдущего века, и активно претерпевала усовершенствования. За прошедшее время установка достигла ряда преимуществ перед другими способами разведения и аквакультуры рыб. На темп развития установки замкнутого водоснабжения (УЗВ), повлияло развитие её отдельных компонентов, что существенно упростило систему и уменьшило её габаритные размеры. На протяжении эволюционного пути УЗВ, ряд сооружений в технологии менялся на более рентабельные или актуальные, согласно исследованиям, составляющие. Одним из звеньев УЗВ является дезинфекция. Методы обеззараживания воды за всю историю очистки как сточной, так и природной воды значительно продвинулись в своём развитии и качестве, но при этом разнообразие методов осталось незначительным. Что касается самой УЗВ, то все из доступных методов дезинфекции применимы к ней и могут применяться при правильном обосновании или ограниченных условиях эксплуатации [1-4].

Основными методами обеззараживания, используемыми в технологии замкнутого водоснабжения являются:

- Ультрафиолетовое облучение;
- Озонирование;
- Хлорирование;
- Ультразвуковое воздействие.

Каждый из предложенных методов может в различных условиях если не конкурировать между собой на равных, то иметь актуальность в применении и использовании в системе. Далее приведены характеристики, достоинства и недостатки каждой из приведённых технологий.

Первым для рассмотрения из представленных методов дезинфекции взята технология ультразвукового обеззараживания (УЗО). Данный метод в современности является несамостоятельным и может применяться только в комбинировании с другими технологиями дезинфекции. Подобное ограничение по большей мере приходится скорее на недостаточность исследований в сфере УЗО, чем на низкие показатели опытных установок. Обеззараживающий эффект метода обеспечивается распространением ультразвука в воде. Это приводит к высокой плотности потока энергии, которая вызывает в воде явление кавитации, за счет чего происходит деструкция находящихся в водной среде загрязнений. Необходимый рабочий диапазон частот находится в пределах от 18 000 до 50 000 Гц. при плотности потока энергии от 1,5 до 2 Вт на 1 см³ объема. Примером уже используемой установки и доступной на российском рынке является комбинированная установка «Лазурь-М» компании «Сварог». Как самостоятельную установку в недавнем времени разработала компания «Атлант». Модель «Молот» имеет хорошие перспективы в области УЗО, и является уникальным инновационным оборудованием, не имеющим аналогов в России и в мире [1].

К главным преимуществам УЗО можно отнести простоту эксплуатации, отсутствие побочных загрязнений в воде, экологическую безопасность, безопасность эксплуатации установок.

К недостаткам главным образом относятся малая эффективность и текущая рентабельность самого метода. Так же, не смотря на широкий ценовой диапазон, отношение цена/качество значительно уступает другим используемым технологиям.

Следующей технологией, применяемой при обеззараживании воды, является хлорирование. Данный метод дезинфекции для УЗВ является наиболее неблагоприятным, но весьма эффективным. Выбор хлора для дезинфекции в замкнутой системе водоснабжения недопустим при отсутствии обоснованной и правильно спроектированной технологии. Главным условием выбора является отсутствие возможности использовать другие технологии. Сам по себе хлор является сильным окислителем и имеет пролонгированное действие. Попадание такого элемента в бассейны УЗВ может пагубно сказаться на обитающих в них гидробионтах, поэтому после основного процесса окисления необходимо нейтрализовать остаточный активный хлор реагентом, таким как сульфит или тиосульфат натрия. Так же недостаточно очищенная от органических загрязнений вода на предшествующих стадиях и подвергшаяся хлорированию будет представлять не меньшую угрозу за счет образования побочных канцерогенных загрязнений. На сегодняшний день использование хлора в установках замкнутого водоснабжения встречается всё реже. Это связано в первую очередь со сложностью эксплуатации и опасностью по отношению к гидробионтам [2].

К преимуществам метода главным образом относится высокая обеззараживающая способность и доступность технологии.

Что касается недостатков то их намного больше и главными из них для УЗВ является пост-действие и образование побочных канцерогенных загрязнений в виде хлорорганики. Экономически хлорирование при небольшой производительности будет более затратным за счет сложной эксплуатации, дороговизны вспомогательных реагентов и дополнительных работ по обслуживанию. В случаях использования газообразного хлора данный метод становится еще и очень опасным и требует строгих мер безопасности при эксплуатации.

Более популярным методом по отношению к УЗО и хлорированию в установках замкнутого водоснабжения является озонирование. Впервые озонирование воды было использовано в начале двадцатого века во Франции, а спустя несколько лет и в России. Озонирование на протяжении многих лет имело огромный успех в водоподготовке, и сегодня не уступает в своих обеззараживающих свойствах на фоне современных технологий. Главным преимуществом метода является абсолютное дезинфицирующее воздействие на все известные микроорганизмы, вирусы, бактерии и т.д. а так же в результате озонирования воды улучшаются органолептические показатели воды. Сущностью процесса является окисление минеральных и органических соединений и изменение их свойств, что приводит к стерилизации органических загрязнений и разрушению и выведению в осадок минеральных. Для производства и подачи озона в воду разработаны специальные озонаторные установки такими фирмами как «Тризон», «Spark Systems», «Ecozon» «Vanesco» и многими другими компаниями. Для обеззараживания воды в УЗВ доза озона, как правило, применяется в пределах от 0,5 до 5- мг/дм³, а время реакции озон-воздушной смеси с водой для эффективного окисления примесей колеблется от 1

до 15 минут. Относительно хлора при озонировании наблюдается уменьшение времени окисления загрязнений в 10–30 раз меньше, при меньшей дозе. Одним из опасных недостатков озонирования является образование в воде формальдегида и озонидов. Для предотвращения их попадания в бассейн, а также для удаления остаточного озона из воды после основного процесса предусматривается сорбционный фильтр [3].

К преимуществам технологии озонирования в первую очередь относится абсолютное дезинфицирующее свойство, экологичность, относительно низкие эксплуатационные затраты.

К недостаткам можно отнести высокую коррозионно-активную способность, капитальные затраты при строительстве, ограничения по остаточному озону в воде и воздухе, из-за чего требуются дополнительные меры безопасности и эксплуатации.

Последним методом обеззараживания воды в УЗВ является ультрафиолетовое обеззараживание (УФО). На сегодняшний день это бесспорный лидер, крепко закрепившийся на рынке по отношению цена/качество. УФО в установке замкнутого водоснабжения появилось к концу двадцатого века, и обрело огромный спрос. Сущность метода обеззараживания ультрафиолетовым облучением основано на необратимых повреждениях молекул ДНК и РНК микроорганизмов, находящихся в воде. Кроме того, воздействие УФ излучения вызывает деструкцию мембран и клеточных стенок микроорганизмов. В результате этих факторов происходит гибель микроорганизмов, находящихся в воде. Для обеззараживания воды в УЗВ используется биологически активная область спектра УФ-излучения с длиной волны от 205 до 315 нм, называемая бактерицидным излучением. Максимальный эффект обеззараживания приходится на диапазон от 250–270 нм. В России производством установок УФО занимаются такие фирмы как: НПО «ЛИТ», НВР, АО «Сварог». Из зарубежных производителей наиболее известные в России Wedeco AG, Германия; Trojan Technologies, США [4].

УФО по отношению к другим методам имеет множество преимуществ. Изначально УФ установки имеют низкие капитальные и эксплуатационные расходы. Полная автоматизация процесса и экологичность процесса делают УФО наиболее безопасным и простым методом дезинфекции. Обслуживание такой системы сводится к минимуму, что так же повышает экономическую целесообразность данного метода. Еще одним преимуществом является неизменность состава воды после УФО.

Из недостатков в первую очередь можно отметить отсутствие пролонгированного действия, что в некоторых случаях необходимо, и низкий коэффициент полезности, в случае если концентрация взвешенных веществ в обеззараживаемой воде превышает 5 мг/дм³. В ряде случаев УФО требует комбинирования с другими методами.

Выводы

Подводя итог можно отметить, что в установках замкнутого водоснабжения возможно применение любого из представленных методов дезинфекции. Они имеют как преимущества, так и недостатки, делая выбор технологии обеззараживания наиболее многообразным. Но, пожалуй, главным условием выбора метода дезинфекции в УЗВ являются технико-экономические и технологические показатели при проектировании всего комплекса в целом.

Список использованных источников

1. Проскуренко И.В. - Замкнутые рыбоводные установки: "ВНИРО" 2003г.
2. Якоб Брайнбалле - Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Копенгаген, 2010 г.
3. А. Б. Преображенский, - Обеззараживание воды УФ-облучением
4. Аква-терм №5 2002 г.
5. Kaufmann-Technology – Практическое применение озона в рыбоводстве 2015 г.

УДК 628.171

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ НА ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

В.Н. Яромский*, **Е.Н. Басалай****

*ГУО Брестский госуниверситет имени А.С. Пушкина, г. Брест, Беларусь;

**ГНУ Полесский АЭИ НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

Введение

Важнейшим аспектом проблемы рационального использования водных ресурсов является нормирование и регулирование водопользования и водопотребления, в особенности водопользования на перерабатывающих предприятиях агропромышленного комплекса (АПК).

В период активного мелиоративного строительства (1960–1980 гг.) только в Брестском регионе республики было построено и введено в эксплуатацию более 36 сельскохозяйственных комплексов различного назначения (свиноводческие комплексы, комплексы крупного рогатого скота, птицефабрики и т.п.). Кроме того, немало позднее были построены или реконструированы более 30 молоко- и мясоперерабатывающих предприятий. Все указанные предприятия являются водоемкими и их влияние на окружающую среду, в особенности на водные ресурсы, является наиболее ощутимым с негативной точки зрения.

Основной целью данной статьи является анализ водопотребления и определение эффективности использования водных ресурсов на перерабатывающих предприятиях АПК.

Методика и объекты исследования

В качестве исследуемых объектов приняты наиболее крупные в Брестском регионе предприятия: свиноводческий комплекс ОАО «Беловежский», ОАО «Березовский мясоконсервный комбинат», молочный комбинат ОАО «Савушкин продукт», ОАО «Березовский сыродельный комбинат», так как они являются наибольшими потребителями водных ресурсов. В подтверждение этого необходимо отметить, что в структуре товарной продукции Брестской области (Республика Беларусь) более 30 % занимает продукция мясокombинатов, молочных заводов и животноводческих комплексов агропромышленного комплекса. Таких объемов производства нет ни в одной из областей Республики Беларусь.

В качестве критериев для оценки эффективности использования воды на перерабатывающих предприятиях АПК приняты:

- 1) техническое совершенство системы оборотного водоснабжения – оценивается процентом использования воды;
- 2) рациональность использования воды, забираемой из источника – характеризуется коэффициентом ее использования;

3) процент безвозвратного потребления и потери воды в системе водоснабжения.

Также для сравнения с нормой водопотребления на аналогичных предприятиях в качестве критерия может быть использована фактическая норма водопотребления на единицу продукции.

Результаты и их обсуждение

На перерабатывающих предприятиях АПК в зависимости от схемы использования воды системы классифицируются на прямоточные с последовательным использованием воды, оборотные и замкнутые. В зависимости от источника питания водой объекта они подразделяются на системы, забирающие воду из поверхностных источников и системы, забирающие воду из подземных источников. Возможна комбинация этих схем забора воды. При обследовании вышеуказанных предприятий была использована статистическая отчетность, а при её отсутствии использовались инструментальные методы. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Техническое совершенство системы водоснабжения предприятия оценивается количеством воды в процентах, задействованной в обороте. Чем выше этот показатель, тем совершеннее система (на передовых предприятиях среднее значение этого показателя равно 75–95 %). Из таблицы 1 следует, что максимальное значение этого показателя – на ОАО «Березовский сыродельный комбинат» – 31,22 %. На других предприятиях его значение значительно ниже.

Таблица 1 – Критерии эффективности использования воды

| Название предприятия | Показатели эффективности использования воды | | |
|---|---|--------------------------------------|----------------|
| | Техническое совершенство, % | Рациональность использования воды, % | Потери воды, % |
| ОАО «Беловежский» | 20,5 | 0,06 | 6,25 |
| ОАО «Березовский мясоконсервный комбинат» | 2,23 | 0,22 | 21,63 |
| ОАО «Савушкин продукт» | 25,2 | 0,14 | 13,8 |
| ОАО «Березовский сыродельный комбинат» | 31,22 | 0,10 | 6,85 |

Рациональность использования воды, забираемой из источника, характеризуется коэффициентом $K_{и}$ ее использования, который должен быть меньше либо равен единице ($K_{и} \leq 1$). В нашем случае максимальное значение данного критерия наблюдается на ОАО «Березовский мясоконсервный комбинат», а на других предприятиях его значение очень низкое. И в то же время на этом предприятии наблюдаются максимальные потери воды из системы водоснабжения, которые составляют 21,63 %. На остальных предприятиях этот показатель в 2–2,6 раза ниже.

Балансовые нормы водопотребления определяют допустимое плановое количество потребляемой воды на производство единицы продукции установленного качества в планируемых условиях производства. Индивидуальные балансовые нормы предназначены для определения плановой потребности в воде на предприя-

тиях, установления лимита отпуска воды и сброса сточных вод, разработки водохозяйственных балансов, контроля за использованием воды и сбросом сточных вод.

В ходе работы проведен анализ норм водопотребления на исследуемых предприятиях, который представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Нормы водопотребления предприятий

| Название предприятия | Нормы водопотребления, м ³ /т | |
|---|--|-------------------|
| | фактическая | укрупненная норма |
| ОАО «Беловежский» | 6,1 | 19,6 |
| ОАО «Березовский мясоконсервный комбинат» | 24,9 | 19,6 |
| ОАО «Савушкин продукт» | 4,8 | 5,9 |
| ОАО «Березовский сыродельный комбинат» | 6,85 | 5,9 |

Сравнивая фактические нормы водопотребления на ОАО «Беловежский» с укрупненными нормами [1] можно отметить, что на предприятии проведена большая работа по нормированию водопотребления. На ОАО «Березовский мясоконсервный комбинат» такую работу необходимо провести. На молокоперерабатывающих предприятиях ОАО «Савушкин продукт» и ОАО «Березовский сыродельный комбинат» фактические нормы примерно равны укрупненным, однако необходимо продолжить работу по совершенствованию системы нормирования водопотребления.

Выводы

1. Анализ критериев эффективности использования воды на перерабатывающих предприятиях АПК показывает, что показатели эффективности использования низкие.

2. На каждом из рассмотренных предприятий необходимо совершенствовать систему нормирования водопотребления с целью максимального снижения и рационального использования водных ресурсов.

Список использованных источников

1. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности / Совет Эконом. Взаимопомощи, ВНИИ водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии. – 2-е изд., перераб. – М.: Стройиздат. – 1982. – 528 с.

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕЛИОРАЦИИ

УДК 631.43

ЭКСПРЕСС МЕТОД РАСЧЕТА ПРОФИЛЕЙ УВЛАЖНЕНИЯ ПРИ ДОЖДЕВАНИИ И КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

В.В. Алексеев

Чебоксарский кооперативный институт (филиал) АНОО ВО Центросоюза РФ
«Российский университет кооперации», г. Чебоксары, Россия

Почвы Чувашской Республики обладают невысоким природным плодородием, поэтому необходимо внешнее регулирование водного режима почв. Зависящая от гранулометрического состава, структуры почвы и степени увлажнения функция влагопроводности описывает способность почв удерживать и проводить почвенную влагу. Поэтому при использовании современных приемов мелиорации для обеспечения наилучших мелиоративных режимов актуально экспрессное получение функции влагопроводности для послойного расчета динамики влажности в почве. В настоящее время разработано большое число моделей функций водоудерживающей и водопроводящей способности почв, однако часто за используемым в них массивом статистических расчетов перестает прослеживаться физическая обоснованность. Оценка площадей поверхностей контакта почвенной влаги с почвенным воздухом и твердой фазой почвы на основе экспериментов по протеканию воздуха через почву и универсализированной модели порового пространства позволяет определять ее энергетическое состояние и получать функцию влагопроводности с основной гидрофизической характеристикой почв (ОГХ).

Перемещение влаги в почве определяется градиентом потенциала почвенной влаги $\psi = E/m$ (отношением энергии к массе воды) или эквивалентным давлением $p = \rho\psi$ (ρ – плотность воды). Значение потенциала складывается из взаимодействия влаги с твердой фазой почвы ψ' и почвенным газом ψ'' :

$$\psi = \psi' + \psi'' = \frac{k\Omega_0}{\rho} \cdot \left(\frac{1}{w^3} - \frac{1}{\Pi_0^3} \right) + \frac{\sigma_{lg}\Omega_0}{\rho} \left(1 - \frac{w}{1 - \Pi_0 + w} \right) \cdot \left(1 - \frac{w}{\Pi_0} \right)^\alpha, \quad (1)$$

где: ρ – плотность воды, кг/м³; Ω_0 – объемная удельная поверхность, м²/м³; $k = 2 \cdot 10^{-18}$ – коэффициент, кг/с²; w – объемная влажность, м³/м³; Π_0 – пористость сухого образца, м³/м³; σ_{lg} – удельная свободная поверхностная энергия на границе раздела вода – воздух, Дж/м²; α – безразмерный параметр, определяемый геометрией модели почвы.

Коэффициент влагопроводности определяется выражением:

$$K = \frac{\rho g R}{\Omega_0} \cdot \frac{\eta_1}{\eta_2} \cdot \frac{\Pi_0^{1/2} w (2\Pi_0 - w)}{(1 - \Pi_0)}, \quad (2)$$

где: η_1/η_2 – отношение вязкости воздуха к вязкости воды; g – ускорение свободного падения, м/с²; R – радиус цилиндрической камеры с почвой, м.

В формуле (2) введено отношение вязкости воздуха к вязкости воды для замены воздуха водой. Однако, кроме того, необходимо учесть, что прочно связанная вода практически не участвует в переносе влаги, поэтому сделаем замену: в формуле (2) следует сдвинуть нулевое значение влажности на величину w^* - соответствующую максимальной адсорбционной влагоёмкости. Величина w^* может быть определена численно из совместного решения (1) с предложенным А.Д. Ворониным уравнением $rF = 5,2 + 3w$.

Примеры построения функции влагопроводности по зависимости (2) с учетом неподвижности прочносвязанной влаги w^* (сплошная линия) и без учета (пунктирная линия) представлены на рисунке 1.

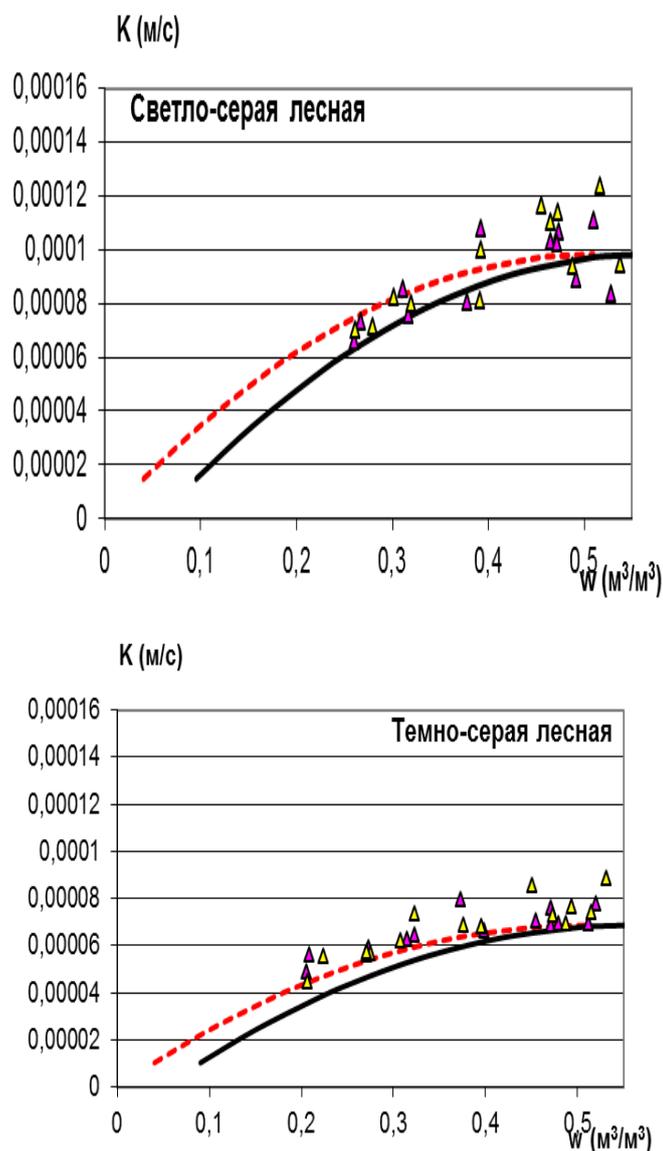


Рисунок 1 – Зависимости $K(w)$ и экспериментальные данные

Совместное использование (1) и (2) позволяет рассчитывать профили увлажнения при дождевании и капельном орошении.

Для учета: 1) осмотического давления необходимо использование формулы Вант-Гоффа; 2) всасывания воды корнями необходимо включение в формулу значение всасывающего давления, соответствующего интересующему растению; 3)

разности температур необходимо использование теплового баланса и зависимости вязкости от температуры. Планирование и проведение лабораторных экспериментов позволяет при моделировании сделать следующие приближения: концентрация солей пренебрежимо мала, твердая фаза почвы не деформируется и не смывается, температуры воды в почве и поливной воды равны, всасывание воды корнями растений и испарение малы.

Задача определения профиля увлажнения при дождевании является одномерной, поэтому рассчитывался послойный (50 слоев) перенос влаги с толщиной слоя $\Delta h=5$ мм. При вычислении разности потенциалов почвенной влаги в слоях добавлялся гравитационный потенциал $g\Delta h$.

Реализация программного средства расчета профиля увлажнения осуществляется заданием объема влаги, поступающей в верхний слой за единицу времени, массивов значений пористости, удельной поверхности, начальной влажности для каждого слоя по которым вычислялись коэффициенты влагопроводности и давления почвенной влаги. По формуле Дарси рассчитывались объемы влаги, перетекавшей из слоя в слой за время равное 1 минуте. Произведено 100 циклов перерасчета, что по времени примерно соответствует прохождению по участку дождевальной машины.

В экспериментах использовался стандартный мерный цилиндр ($h=390$ мм, $d=90$ мм), заполненный почвой с измеренными влажностью, пористостью и удельной поверхностью, к верхнему торцу которого, через сосуд Мариотта и насадку поступала вода. Для определения максимальной интенсивности впитывания, вместо объема влаги поступающей в верхний слой за единицу времени, был задан постоянный нулевой потенциал ψ .

Задача определения контуров увлажнения при капельном орошении трехмерная, она была сведена к двумерной задаче как цилиндрически симметричная с расположенной на оси капельницей.

Реализация программного средства расчета контуров увлажнения осуществлена заданием объема влаги, поступающей в точку (цилиндр высотой 5 мм и диаметром 5 мм) верхнего слоя за единицу времени. Гравитационный потенциал $g\Delta h$ при вычислении разности потенциалов почвенной влаги добавлялся при расчете переноса из слоя в слой и не добавлялся при расчете переноса внутри слоя, где почва разбивалась на систему радиально расходящихся колец. Вертикальный и горизонтальный перенос влаги рассчитывался одновременно с помощью решения двух уравнений Дарси и условия, при котором давление почвенной влаги в получающем воду объеме по модулю не выше давления в теряющем воду объеме почвы.

В экспериментах использовался водонепроницаемый ящик ($300\times 250\times 250$ мм) также заполненный почвой с измеренными влажностью, пористостью и удельной поверхностью, в середине верхнего торца которого располагалась капельница.

Визуализация расчетов для капельного орошения (объемы воды 0,5 л, 1 л, 2 л) светло серой лесной почвы ($\Omega_0=46,2$ м²/г, $P_0=0,53$) со значениями начальных влажностей $w=0,32$ и $w=0,15$ близкими к влажностям спелости и завядания растений представлены на рисунке 2.

Выводы

Теоретически обосновано и составлено программное средство, позволяющее установить закономерности формирования контуров увлажнения почвы с разными объемами водоподачи для различных начальных влажностей, а также проследить

динамику изменения параметров контуров при увлажнении. Приведен пример расчета контуров увлажнения при капельном орошении светло-серой лесной почвы.

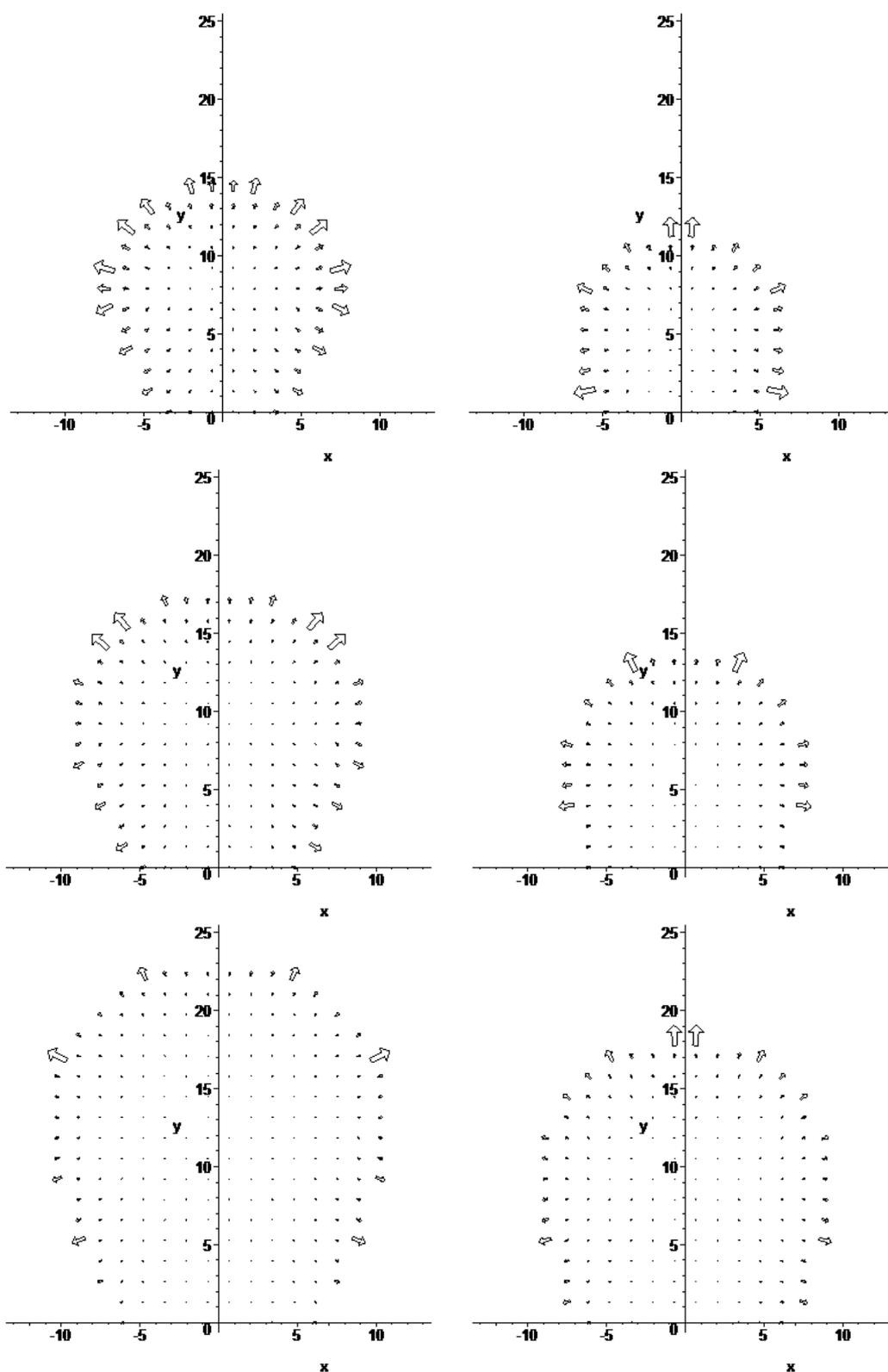


Рисунок 2 – Градиенты разности потенциалов влаги: объем воды (сверху вниз) 0,5 л, 1 л, 2 л; начальные влажности $w=0,32$ слева, $w=0,15$ справа

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОНИТОРИНГОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ГМС ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ АВТОМАТИЗАЦИИ

В.В. Бородычев, М.Н. Лытов

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

Мониторинг работы дождевальной техники в составе современных гидромелиоративных систем в самом общем случае представляет собой инструментальный контроль показателей, транслирование и обработку потоков данных [1-2]. При этом в любой, даже в самой минимальной комплектации, мониторинг работы дождевальной техники в режиме реального времени подразумевает создание нескольких независимых потоков данных [3-4]: поток информации о параметрах состояния контролируемого показателя; данные контроля глобального времени (хронограф); данные геопозиционирования. При этом поток информации о параметрах состояния контролируемого показателя может расширяться за счет увеличения числа контролируемых показателей [5]. Ключевой задачей исследований также является разработка технологий, обеспечивающих эффективный мониторинг и использование мониторинговых данных для управления гидромелиоративными системами.

Автоматизация управления является одним из наиболее важных процессов, характеризующих переход к гидромелиоративным системам нового поколения. Рассматривая проблему с этих позиций и учитывая особенности «переходного» периода, следует признать, что вычислительный блок мониторинговой системы в зависимости от организации управления исполнительными механизмами дождевальных машин должен предусматривать разные уровни обработки поступающей информации. Для реализации схемы управления без непосредственного допуска системы к исполнительным механизмам дождевальных машин (0-уровень автоматизации управляющей системы) вычислительный блок обеспечивает (рис. 1): выработку информации по геопозиционной привязке дождевальной техники в режиме реального времени; выработку информации по значениям контролируемых показателей в динамике; выработку информации по выполнению технологического процесса дождевания, включая текущие сведения о работе дождевальной техники, прогноз оставшегося времени на выполнение задания, сведения по слою осадков, поданному на орошаемый участок и т.д.; выработку информации по оценке отклонения от заданного графика поливов в динамике и с геопозиционной привязкой.

Для реализации схемы управления с возможностью непосредственного допуска системы к исполнительным механизмам дождевальных машин, но при ограничении исполнительных действий, не подтвержденных диспетчером (1-уровень автоматизации управляющей системы), вычислительный блок помимо приведенной выше информации обеспечивает (рис. 2): выработку информации о необходимости коррекции режимов работы дождевальной техники с перечнем рекомендательных действий; выработку информации о критических состояниях в работе дождевальной техники с перечнем рекомендательных действий; выработку информации о необходимости коррекции плана графика проведения поливов с перечнем рекомендаций на изменение задания; выработку информации о техническом состоянии системы с перечнем рекомендации по техническому обслуживанию.

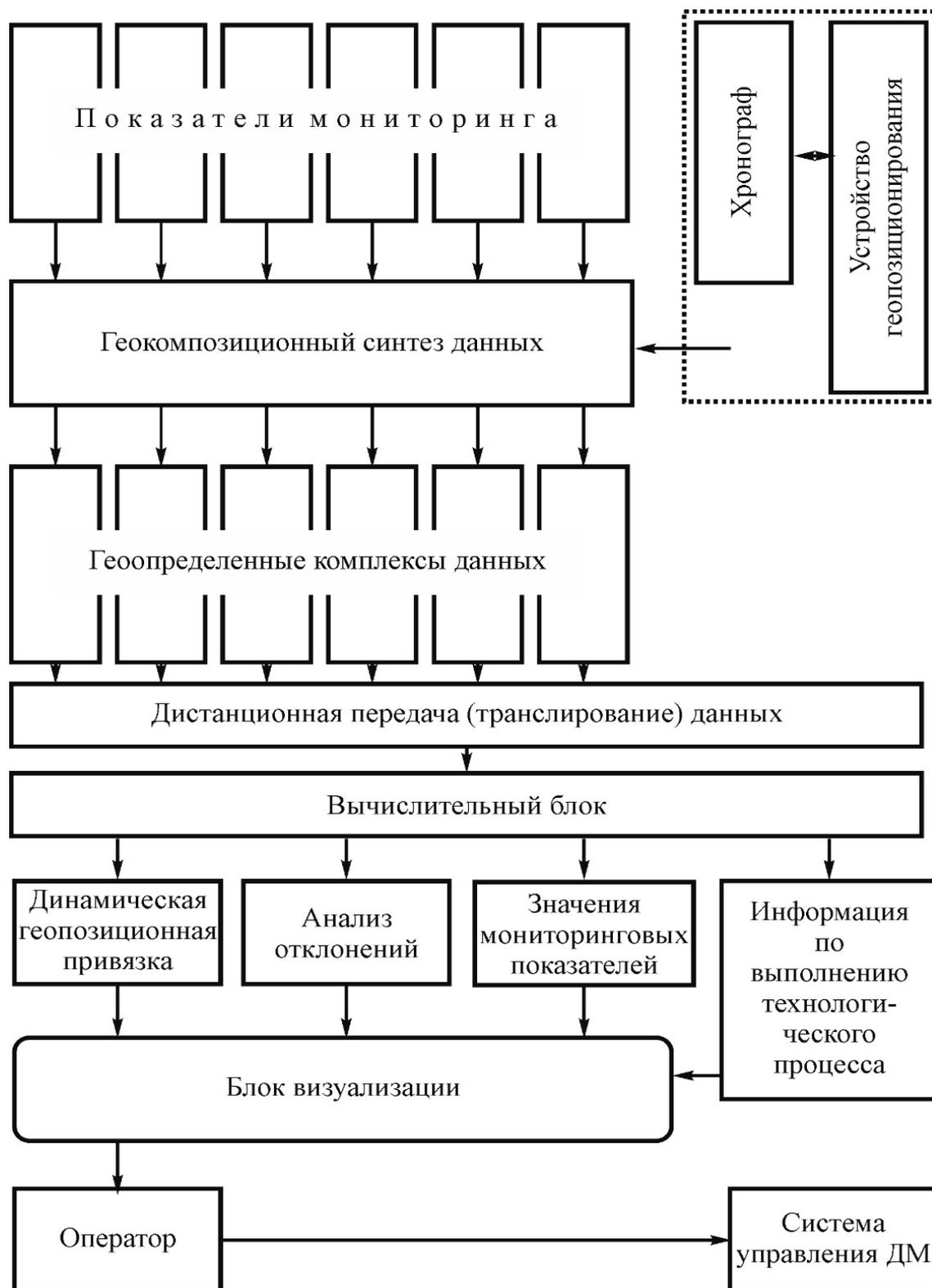


Рисунок 1 – Схема управления ГМС на основе мониторинга работы дождевальной техники (0-уровень автоматизации управляющей системы)

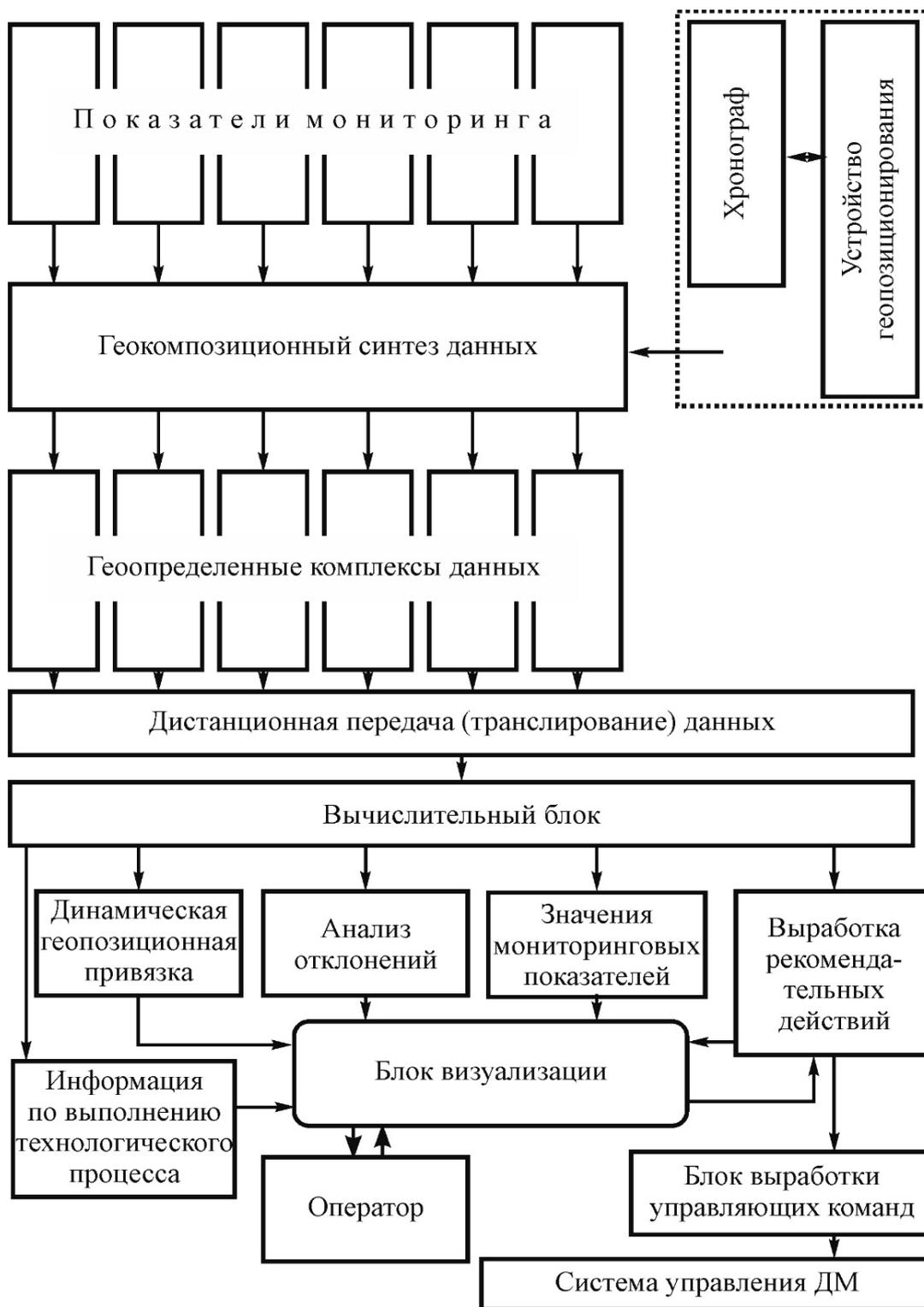


Рисунок 2 – Схема управления ГМС на основе мониторинга работы дождеваль-
ной техники (1-уровень автоматизации управляющей системы)

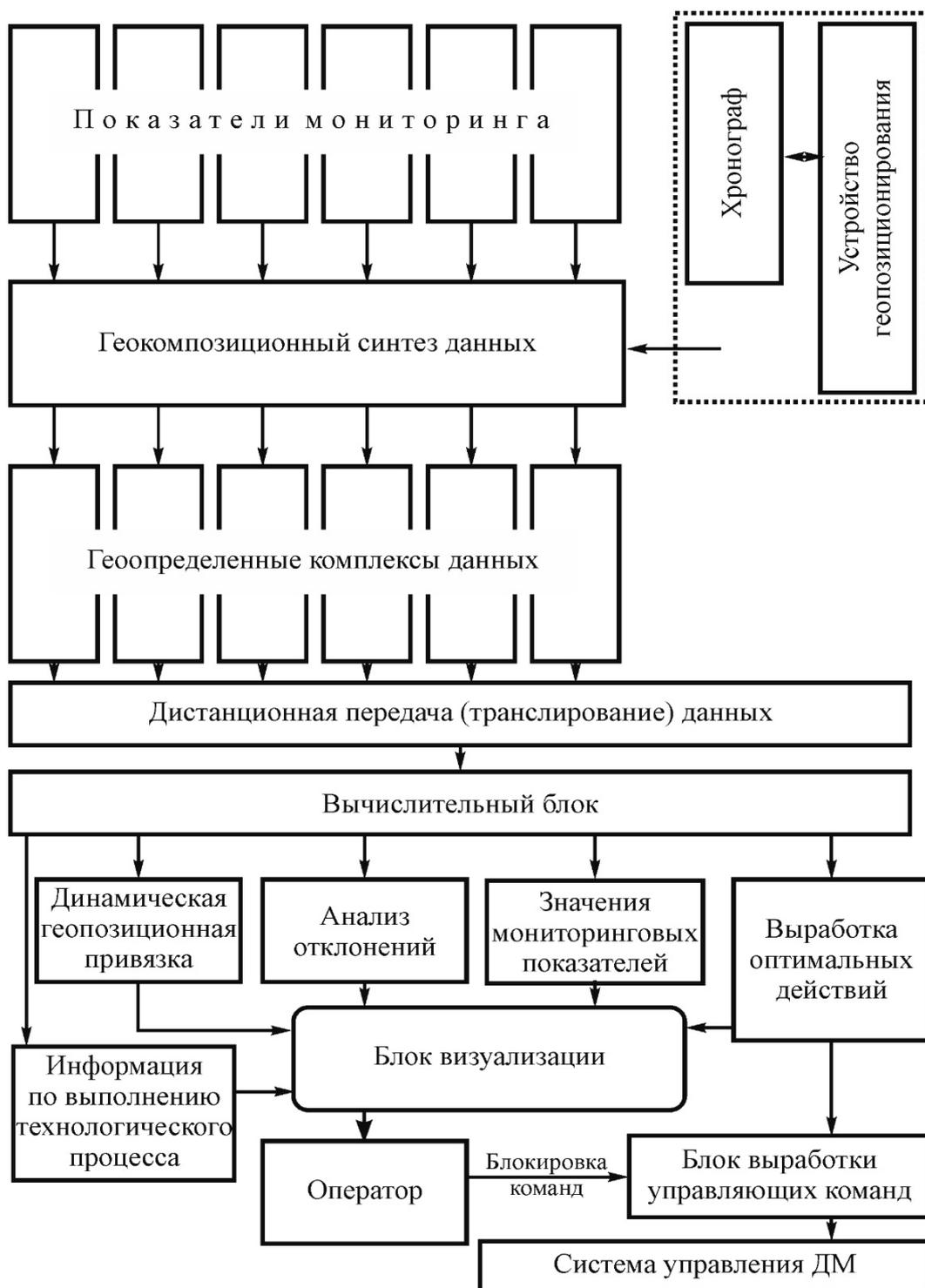


Рисунок 3 – Схема управления ГМС на основе мониторинга работы дождевальной техники (3-уровень автоматизации управляющей системы)

Для реализации схемы управления с возможностью непосредственного допуска системы к исполнительным механизмам дождевальных машин при не полном ограничении исполнительных действий (2-уровень автоматизации управляющей системы) вычислительный блок помимо приведенной выше информации обеспечивает выработку оптимального решения при возникновении критических ситуаций в работе дождевальной техники.

Для реализации схемы управления с возможностью непосредственного допуска системы к исполнительным механизмам дождевальных машин без ограничения исполнительных действий (3-уровень автоматизации управляющей системы) вычислительный блок помимо приведенной выше информации обеспечивает (рис. 3): выработку оптимального решения по коррекции режимов работы дождевальной техники или плана-графика производства поливов по заданию; оптимизацию плана-графика технического обслуживания системы.

Блок визуализации мониторинговой информации располагается непосредственно в диспетчерском пункте. Для организации визуализации мониторинговой информации целесообразно использовать низкоуровневые модули геоинформационных систем. Задача этого блока – в максимально доступной форме донести сведения о работе дождевальной техники до диспетчера.

В общем случае визуализируемая информация зависит от уровня автоматизации управляющей системы. При организации работы системы по 0-уровню схемы автоматизации управления: визуализируются сведения по значениям контролируемых показателей; визуализируются сведения по выполнению задания на полив; возможна импульсная визуализация отклонения от заданного графика поливов в текущем состоянии.

При организации работы системы по 1-уровню схемы автоматизации управления кроме вышеприведенной визуализируемой информации: подается сигнал о критических состояниях в работе дождевальной техники с перечнем рекомендательных действий с возможностью выбора одного из них; визуализируется перечень рекомендательных действий по коррекции режимов работы дождевальной техники с целью ликвидации отклонений от плана графика задания на полив; визуализируется предупреждение о невозможности предотвращения отклонений от плана графика задания на полив за счет коррекции режимов работы дождевальной техники.

При организации работы системы по 2-уровню схемы автоматизации управления наряду с вышеприведенной информацией, одновременно с сигналом о критических состояниях в работе дождевальной техники визуализируются сведения о причинах критических состояний и уведомления об управляющих действиях, принятых системой в автоматизированном режиме.

При организации работы системы по 3-уровню схемы автоматизации управления, кроме вышеприведенной, визуализируется следующая информация: одновременно с информацией об отклонениях от плана графика проведения поливов по заданию приводится уведомление об управляющих действиях, принятых системой для предотвращения указанных отклонений в автоматизированном режиме; одновременно с предупреждением о невозможности предотвращения отклонений от плана графика задания на полив за счет коррекции режимов работы дождевальной техники визуализируется уведомление о внесении изменений в задание на производство поливов; визуализируется информация о необходимости коррекции плана-графика технического обслуживания дождевальной техники.

Таким образом, алгоритмы обработки мониторинговых данных, равно как и функциональный состав показателей мониторинга определяется уровнем автоматизации системы управления работой ГМС. Предложенные схемы управления ГМС на основе данных оперативного мониторинга работы дождевальной техники позволяют реализовать дифференцированный подход к уровню автоматизации управле-

ния в зависимости от условий организации производственного процесса и комплектации мониторинговой системы.

Список использованных источников

1. Санжаровская, М.И. Системы управления сельскохозяйственной техникой на базе GPS / М.И. Санжаровская // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. –2009. – № 3. – С. 732.
2. Бородычев, В.В. Экспериментальное устройство мониторинга работы дождевальной техники в режиме реального времени / В.В. Бородычев, Е.Э. Головинов, М.Н. Лытов // Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. науч. трудов. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. – С. 9-13
3. Бородычев, В.В. Комплексы показателей мониторинга работы дождевальной техники в режиме реального времени / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, Е.Э. Головинов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015 – №3. – С. 33-37
4. Арефьев, Н.В. Мониторинг мелиорируемых земель на основе геоинформационных технологий /Н.В. Арефьев, В.Л. Баденко, К.Н. Криулин, Г.К. Осипов, М.Б. Черняк // Мелиорация и водное хозяйство. – 1998. – № 5. – С. 41-43.
5. Духовный, В.А. Организация и методы оптимального режима эксплуатации, обслуживания и управления оросительными системами / В.А. Духовный – Ташкент: Научно-информационный центр МКВК, 2010. – 68 с.

УДК 338.9:322:626.84

ОЦЕНКА РИСКОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

Н.В. Гриценко

Казахский НИИ водного хозяйства, г. Тараз, Казахстан

Рыночные отношения в аграрном секторе экономики обостряют противоречия между процессом производства сельскохозяйственной продукции и эффективностью принятия решений в сфере управления рисками. Особую значимость оценка рисков принимает в сельскохозяйственных предприятиях, использующих водосберегающие технологии для орошения.

Причин возникновения рисков ситуации в деятельности таких агроформирований очень много. Возникновение риска - это условие, вызывающее неопределенность результата. Источники возникновения риска агроформирований: хозяйственная деятельность, недостаток информации о состоянии внешней среды, влияние внешних факторов и другие [1].

Эффективность деятельности агроформирования выражается в его возможности успешно функционировать и развиваться на определенном рынке. В связи с этим, необходимо осуществлять непрерывный мониторинг и учет многообразных внешних и внутренних факторов, влияющих на положение сельскохозяйственного производителя в конкурентной рыночной среде. Специфика внешних и внутренних рискообразующих факторов заключается в том, что хозяйство может активно управлять в определенных границах внутренними, в то время как внешние рискообразующие факторы оно вынуждено принимать такими, как есть.

На практике сельскохозяйственному предпринимателю брать на себя риск целесообразно в следующих случаях:

- если потенциальная потеря незначительна, чтобы о ней беспокоиться, однако при этом надо иметь в виду, что оценка уровня потерь обычно очень субъективна - то, что для одного мелочь, для другого - весьма существенно;

- если эффективный менеджмент может снизить риск;

- если затраты на страхование очень высокие;

- если нет других возможностей защиты от риска.

Риск можно снизить с использованием различных превентивных мер, так как опасно вести деятельность в условиях постоянного повышенного риска. Поскольку предупредить ущерб обычно легче, чем возместить убытки, каждый сельскохозяйственный предприниматель заинтересован прежде всего в предупредительной деятельности. Однако это не всегда возможно. Например, для орошаемого земледелия: невозможно или трудно предотвратить засуху и другие стихийные бедствия. При применении инноваций: не всегда сразу можно отрегулировать поломки в капельной системе или дождевальной установке.

Одним из распространенных и надежных методов снижения риска является самострахование, которое осуществляется путем создания в организации специальных резервных фондов (страховых запасов). Так, все сельскохозяйственные организации создают страховые запасы семян (для пересева в случае гибели посевов) и, к примеру, установки фильтров очистки воды (в случае засорения системы капельного орошения).

Четкое планирование и прогнозирование производства в хозяйстве также способствуют значительному снижению риска, поэтому каждому хозяйству необходимо вести анализ и расчет рисков. По возможности предусмотреть все основные риски, с которыми можно столкнуться при осуществлении данного вида сельскохозяйственной деятельности, установить источник и момент их возникновения. Предвидеть меры по сокращению этих рисков и минимизации потерь, которые могут возникнуть. Меры могут быть организационного характера, предусматривающие, например, смену поставщиков минеральных удобрений, капельных лент и т. д. или предусматривать программу страхования от рисков. В Казахстане, особенно в сельском хозяйстве, система управления рисками пока еще не создана.

При решении вопроса об управлении риском обычно более важным для агроформирования является вопрос о размере возможного риска, а не его вероятности. При небольшом размере убытка и невысокой его вероятности лучший способ решения риска - его удержание.

Степень риска по той или иной операции (сделке) для каждого хозяйства индивидуально имеет очень большой разброс. Каждое сельскохозяйственное предприятие задумывается, какой объем риска оно может взять на себя, какую именно разновидность риска учитывать в своей деятельности и вырабатывает уже те приемы, которые позволяют ему управлять этим риском и минимизировать его. Методы расчета риска определяют величину рисков, дают им различную оценку. От правильного выбора метода расчета риска зависит правильность оценки прогнозируемых потерь и конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции.

Существуют различные методики управления рисками в сельскохозяйственном производстве. Так, например, в Индии управление осуществляется по следующим направлениям: с помощью автоматических погодных станций, автоматических датчиков для измерения осадков, погодных радаров, осуществляемых сетью сельскохозяйственных консультационных служб.

Стоимость справки по погодным данным и подтверждению рискованных событий стоит 15000-30000 тенге. Стоимость базы данных в России колеблется от 140000 до 560000 тыс. рублей за 30 лет, в Казахстане от 1050,0 тыс. тенге и выше, в Европе - 6-20 тыс. евро. Высокая цена за погодные данные в Польше и Финляндии: 8-10 тыс. долл. за базу по одной станции.

В США и Канаде страховщики получают данные без оплаты или за номинальную оплату, при условии разработки страховых условий для сельскохозяйственного производства. Кроме того, правительства США и Канады оплачивают часть расходов компаниям, которые развивают сеть автоматических погодных станций, на установку и предоставление данных. Фактически в США и Канаде уже существует гибридная сеть метеонаблюдений, которая состоит из государственных погодных станций и коммерческих. Управление рисками в сельскохозяйственном производстве в зарубежных странах осуществляется по направлениям, относящимся непосредственно к ценам и доходам. Производители сельскохозяйственной продукции в Великобритании подвержены валютным рискам, поскольку цены, выделяемые по Единой сельскохозяйственной политике (ЕСП) и сумма платежей доминируют. Колебание обменного курса валют стало важным фактором, который определяет изменчивость доходов фермеров. Стратегия управления рисками в Великобритании происходит в качестве диверсификации бизнеса (использование смешанного земледелия, специализация) и передаче риска на другие (форвардные контракты, фьючерсы и опционы, страхование урожая и доходов, стабилизация прибыли) [2].

В США по производственным контрактам (между производителями и заготовителями) за счет средств переработчиков производится около 14 % общей стоимости сельскохозяйственной продукции, животноводческой – 50 %. В США маркетинговые контракты используются более широко, чем производственные. Возглавляют список культуры, выращенные по маркетинговым контрактам, фрукты и овощи (при этом 10 млрд. \$ США, или 45 % общего объема производства реализуется по маркетинговым контрактам), затем - хлопок, кукуруза, соя и сахар. Относительно крупного рогатого скота, по маркетинговым контрактам было продано лишь 10 % общей стоимости произведенной продукции, для молочной продукции - свыше 60 %. С целью стимулирования использования фьючерсов и рынков опционов для продукции животноводства в США разрабатываются пилотные программы для производителей молочной продукции. При этом предусматривается обучение по пользованию этими инструментами, а в некоторых случаях - субсидирование выплат премий.

В США существует широкий спектр схем страхования урожая и доходов. Правительство предоставляет дотации на их реализацию в виде государственных ассигнований в счет премий и административных расходов, а также путем перестрахования (в целом субсидируется свыше 50 % стоимости страхования). Большинство схем относятся к полевым культурам, которые технически легче защитить с помощью страхования. Многие из схем сталкиваются с некоторыми проблемами: государственные субсидии предоставляются очень сложным путем. Кроме того, существует мнение, что при разработке этих схем не были учтены две самые распространенные ошибки на рынке страхования - «неблагоприятный выбор» (ситуация, при которой страхуются только высокорисковые фермеры) и «моральный риск» (ситуация, когда застрахованное лицо поддается повышенному риску, зная о наличии полиса). Более того, операционные расходы могут быть высокими (включая расходы на мониторинг и административные расходы), схемы могут покрывать

риски, которые нельзя застраховать, а правительство может продолжать оказывать одноразовую помощь в случае катастрофы (таким образом, серьезно дискредитируя всю систему).

Канадский счет для стабилизации чистой прибыли (НИСА) работает, отталкиваясь от ситуации фермерского хозяйства. Фермеры размещают деньги на банковском счете, правительство кладет сумму, равную депозиту фермера (доллар на доллар), и каждый фермер может снимать деньги со счета в трудные времена. При этом показатель участия фермеров в НИСА является высоким. Фермеры рассматривают НИСА как пенсионный фонд, и тем не менее ожидают, что правительство окажет им одноразовую помощь в случае наступления краткосрочных трудностей. Правительство Канады недавно ввело программу помощи в случае катастрофического падения прибыли от сельскохозяйственной деятельности (АИДА). АИДА назначена оказать целевую помощь тем канадским фермерам, которые пережили внезапное и резкое снижение прибыли их хозяйств по причине вне их контроля. Программа на 60 % финансируется федеральным правительством и на 40 % правительствами провинций. Правительство выплачивает фермерам возмещения, если их операционная прибыль падает ниже установленного уровня [3].

В Казахстане рассматриваются вопросы по инвестиционному субсидированию систем дождевального и капельного орошения. «Согласно принятой Концепции по переходу к «зеленой» экономике к 2030 году - 15 процентов посевных площадей будут переведены на водосберегающие технологии» из Послания Главы государства Н.А. Назарбаева народу Казахстана «Казахстанский путь-2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее» г. Астана, 17 января 2014 года.

Сегодня наиболее распространенным способом управления риском является его страхование в силу следующих причин:

- во-первых, немного найдется организаций, желающих и способных самостоятельно обеспечивать финансовое покрытие риска непреодолимых явлений, таких, как засуха, наводнение, ураган, заморозки, даже учитывая, что вероятность такого риска сравнительно мала.

- во-вторых, в агроформированиях существуют риски, которые возникают слишком часто (в сельском хозяйстве это засухи, заморозки и т.д.) и стоят чрезмерно дорого, чтобы хозяйство могло само обеспечить их альтернативное финансовое покрытие.

Необходимость изучения вопроса управления рисками отчетливо обозначила всю остроту данной проблемы в Казахстане. Выход из этой ситуации возможен только в случае разработки у сельскохозяйственного производителя определенной позиции по оценке рисков, которая должна обеспечивать прибыльность хозяйств, конкурентоспособность на рынке произведенной продукции, повысить социально-экономическое развитие сельских регионов.

Список использованных источников

- 1 Миэринь Л.А. Основы рискологии: уч. пособие. - СПб.: СПбГУЭФ, 1998. - 202 с.
- 2 Сигарев М.И., Таипов Т.А., Сулейменова Ж.Ж. Система управления рисками в АПК Казахстана: опыт и проблемы. - Алматы, 2010. -227 с.
- 3 Милгрот Пол, Робертс Дж. Экономика, организация и менеджмент. Т.2. - СПб.: Экон. школа, 1999. – С.54–60.

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Т.К. Иманалиев, О.К. Карлыханов

ТОО «Казахский НИИ водного хозяйства» г. Тараз, Республика Казахстан

В Республике Казахстан проблема с водными ресурсами перешла в стадию сложной и трудноразрешимой. При неблагоприятных климатических условиях и неравноправных трансграничных водodelениях в перспективе прогнозируется уменьшение поверхностного стока в республике в пределах 10-12 км³ до 2040 года.

Основные пути комплексного использования водных ресурсов в Республике Казахстан отражены в Государственной программе управления водными ресурсами, принятой в 2014 году. Одним из направлений этой программы является автоматизация процессов водоучета, водodelения и управления водными ресурсами на гидроузлах и прочих водных объектах [1].

Поиск современных решений автоматизации процессов управления водными ресурсами на гидроузлах и головных сооружениях рек имеет достаточно прочную основу, в этом направлении ведутся постоянные научно-исследовательские работы и у нас в стране, и за рубежом.

В настоящей работе рассмотрены особенности создания датчика уровня воды, работающего и передающего в автоматическом режиме данные с гидропостов в центральный диспетчерский пункт.

С этой целью проведены следующие мероприятия:

1. Анализ и обобщение базы данных по технологиям автоматизированного управления водными ресурсами в речных бассейнах Республики Казахстана и их систематизация;

2. Обследование технико-эксплуатационного состояния Таласского гидроузла на реке Талас, систем автоматизации водных объектов в Кызылординской и Южно-Казахстанской областях, проверка работы датчиков уровня воды и управления затворами Кызылординского гидроузла, проведение корректировки программного обеспечения датчиков уровня воды, исходя из существующих изменений в гидрометрических постах [2];

3. Создание и проверка опытного образца датчика уровня воды, отвечающего требованиям современных автоматизированных систем и средств контроля водных ресурсов, обеспечивающего непрерывный учет уровня воды на гидропостах.

Анализ существующих средств контроля уровня воды показал их ограниченное использование на уровне оросительной системы из-за сложности в эксплуатации и высокой стоимости.

В результате проведенных работ и анализа средств контроля уровня воды отечественных и зарубежных образцов выявлено, что наиболее близким по конструктивному решению и технической сущности, является датчик уровня воды, основанный на ультразвуковом измерении уровня жидкости [3].

Изобретение относится к ультразвуковому измерению уровня жидкости и может быть использовано для измерения, как верхнего уровня, так и границы раздела жидких сред с различной плотностью.

Сущность способа заключается в измерении уровней жидкостей путем измерения времени прохождения акустического ультразвукового импульса по звуко-

проводу, установленному вертикально внутри емкости, от излучателя до приемника, расположенного на верхнем конце звукопровода. Излучатель расположен внутри плавающего на поверхности жидкости поплавка, коаксиально охватывающего звукопровод, по которому протекает переменный электрический ток, обеспечивающий индукционное питание и синхронизацию. При этом ультразвуковые импульсы выборочно возбуждаются несколькими пьезокерамическими излучателями: калибровочного элемента, жестко закрепленного на нижнем конце звукопровода, и измерительных поплавков на границах раздела сред путем временного разделения работы излучателей относительно момента окончания подачи переменного тока по звукопроводу.

Недостатком данного прототипа является низкая надежность работы при получении и обработке исходных материалов.

В процессе исследований, в КазНИИ водного хозяйства разработан опытный образец датчика уровня воды, отвечающий требованиям современных автоматизированных систем и средств контроля водных ресурсов, обеспечивающий непрерывный учет уровня воды на гидропостах (рис. 1).



Рисунок 1 - Датчик уровня воды

Полезная модель относится к контролю учета воды в гидротехнических сооружениях и может быть использована на оросительных системах.

Созданный образец датчика уровня воды учитывает уровень изменения воды через определенный период времени, исключает непроизводительные потери воды, передает данные в автоматическом режиме в определенное время суток.

Цель достигается путем использования ультразвукового датчика, который передает звуковые волны в воду, и, отражаясь от воды, передается в микроконтроллер. Микроконтроллер, обрабатывая данные, передает в модуль передачи информации в локальную сеть или в виде SMS на мобильный телефон. Сотовая связь практична тем, что ее можно использовать во всех регионах и в отдаленных местностях (учитывая зону покрытия мобильной сети). Передача информации производится по мобильной сети в режиме GPRS и позволяет получать все сведения в реальном масштабе времени. Периодичность получения информации задается программным путем по выбору оператора и составляет от нескольких минут до суток (рис. 2).

Автоматизированный датчик уровня воды имеет следующие технические параметры:

- диапазон определения уровня воды от 0 до 10 м;
- суммарная погрешность определения уровня не более 0,25 %;
- время непрерывной работы с одним комплектом источника питания не менее 6 месяцев.

Автоматизированный датчик конструктивно состоит из:

- контроллера датчика;
- модуля передачи данных;
- ультразвукового измерителя;
- корпуса пластмассового герметичного;
- аккумуляторной батареи с зарядкой.



Рисунок 2 - Схема передачи данных

Устройство приема и накопления информации служит для обеспечения снятия показаний с датчика и их накопления в нерабочее время. Специально выделять компьютер не требуется, так как программа обработки результатов измерений не мешает работе других программ. Программа обработки наблюдений позволяет осуществлять длительное хранение результатов измерений, данные можно видеть не только с персонального компьютера, но и с интернет сайта и в виде SMS-сообщений. Программа позволяет выводить результаты наблюдений за любой промежуток времени с любой периодичностью, а также распечатывать необходимые сведения [4].

Применение автоматизированного датчика позволило точно и в реальном масштабе времени наблюдать за уровнем воды в динамике и полностью исключить ручной труд и субъективизм в снятии показаний.

Список использованных источников

1. Государственная Программа управления водными ресурсами в Республике Казахстан до 2040 года. Астана, 2014.
2. Карлыханов О.К., Стульнев В.И., Ли М.А., Бакбергенев Н.Н., Опыт автоматизации процессов водоучета и вододеления на примере Кызылординского гидроузла. Тараз: 2015, -175 с.
3. Такенов Ж, Сарсембеков Т., Мирхашимов И. Обзор «Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетии». - Алматы: ПРООН, 2004. -23 с.
4. Карлыханов О.К., Иманалиев Т.К., Ли М.А., Стульнев В.И. Малогабаритный переносной ультразвуковой датчик уровня воды. Тараз: 2016, -160 с.

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛОЖЕНИЙ НА
ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА****И.В. Куприянов, Е.В. Овчинникова**

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

При расчетах эффективности природоохранных капиталовложений широко применяется понятие "предотвращенный экологический ущерб", рассматриваемый как главная цель и основной результат этих вложений. В экономической литературе это понятие определяется как сумма прямого и косвенного ущерба, предотвращенно ликвидированных в результате серии необходимых мероприятий [1]. В орошаемом земледелии предотвращенный экологический ущерб представляет собой оценку коммерческих потерь природопользователей и снижение экологического потенциала компонентов природной среды, предотвращенных на предстоящий период за счет природоохранных мероприятий.

При определении фактической экологической устойчивости природной системы конкретизируется каждый компонент устойчивости относительно каждого конкретного возмущения. Потеря устойчивости на уровне лишь одного компонента природной системы даже под воздействием отдельно взятого возмущения свидетельствует о потере устойчивости "системы" в целом. Учитывая ключевую роль воды в обеспечении приемлемого компромисса между техногенной сельскохозяйственной нагрузкой и состоянием потенциальной экологической устойчивости природной среды, считаем правомерным рассмотрение и оценку перспективной устойчивости орошаемых земель под воздействием выделенных мелиоративного и водохозяйственных факторов экологических возмущений [2, 3].

Содержание природоохранных мероприятий по предотвращению ущерба определяется спецификой негативного воздействия на экологическое состояние орошаемых земель. В наиболее обобщенной форме могут быть рассмотрены два случая.

Первый – сельскохозяйственное производство ведется на орошаемых землях с низким уровнем их мелиоративного состояния и с урожайностью сельхозкультур, далеко не соответствующей потенциальным возможностям этих земель. Данные экологического мониторинга земель, материалы экологического контроля состояния и уровня использования водохозяйственных фондов обосновывают необходимость природоохранных инвестиций на комплексную рекультивацию орошаемого сельхозпроизводства. Ликвидация фактического негативного воздействия на орошаемые земли предотвращает дальнейшее причинение ущерба сельхозпроизводству на предстоящий период.

В обобщенном виде предотвращенный экономический ущерб от деградации орошаемых земель выражается в ежегодных потерях валовой продукции и прибыли как в растениеводстве, так и в животноводстве. В данной ситуации предотвращаемые потери прибыли сельхозпроизводства могут быть условно обозначены как "предотвращенный ущерб первого рода".

Во втором случае природоохранные вложения предотвращают возможность негативного воздействия в будущем, и, в порядке профилактики, не допускают его возникновения. На землях, расположенных выше орошаемого массива, интенсивно развивается промышленное производство и, вместе с ним, селитебная территория, что сопровождается ростом объемов сброса сточных вод в подземные горизонты.

Дополнительная внешняя подпитка грунтовых вод на орошаемом массиве изменит в перспективе их режим, ухудшит мелиоративное состояние используемых земель и, в конечном итоге, причинит ущерб сельхозпроизводству и экологии окружающих земель.

В настоящий момент негативное воздействие на сельхозпроизводство и на экологию окружающей природной среды еще не проявляется, но оно достаточно обоснованно прогнозируется на предстоящий период. Это вызывает насущную необходимость в проведении действенных профилактических мероприятий по предотвращению ущерба сельхозпроизводству и экологии. Недопущение проявления ожидаемого негативного воздействия может обозначаться как "предотвращенный ущерб второго рода". Стоимостное выражение этого ущерба определяется расчетным путем на базе анализа, прогнозных, статистических и научных материалов, а также с использованием фактических данных аналогичных природно-хозяйственных ситуаций.

Экономическая (коммерческая) эффективность природоохранных инвестиций на предотвращение экологического ущерба, определяется как соотношение планируемого годового эффекта к сумме капитальных вложений.

Эффективность вложений на предотвращение ущерба первого рода определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_1 = \frac{\Delta\Pi_p + Y_{o.c.}}{K_3 + K_b} \quad (1),$$

где: \mathcal{E}_1 – расчетная проектная эффективность вложений на предотвращение ущерба первого рода, %;

$\Delta\Pi_p$ – расчетный проектный прирост прибыли сельхозпроизводства при восстановлении мелиоративного состояния орошаемых земель;

$Y_{o.c.}$ – расчетное значение предотвращаемого ущерба окружающей природной среде, тыс. руб.;

K_3 – проектный объем вложений на реконструкцию и гидромелиоративную рекультивацию земель, тыс. руб.;

K_b – проектный объем вложений на реконструкцию гидромелиоративной сети, тыс. руб.

Экономическая эффективность вложений на предотвращение ущерба второго рода может быть определена по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = \frac{Y_{c.x.} + Y_{o.c.}}{K_b} \quad (2),$$

где: \mathcal{E}_2 – расчетная проектная эффективность вложений на предотвращение ущерба второго рода, тыс. руб./%;

$Y_{c.x.}$ – расчетное значение возможных потерь прибыли в сельхозпроизводстве при прогнозируемом негативном воздействии на мелиоративное состояние используемых орошаемых земель, тыс. руб.;

$Y_{o.c.}$ – расчетное значение предотвращенного возможного ущерба окружающей природной среде, тыс. руб.;

K_b – проектный объем вложений на создание природоохранных защитных (перехватывающих) гидротехнических сооружений, тыс. руб.

Практически при любых формах экологических правонарушений в области земле- и водопользования негативные последствия развиваются не только на оро-

шаемых массивах, но и на прилегающих к ним территориях, особенно в понижениях, охватывая площади, превышающие в ряде случаев орошаемые массивы [4 - 8].

Оценка негативного воздействия на экологию прилегающих земель опирается на фактические данные или же рассчитывается по уравнениям водного и солевого балансов почвогрунтов и выражается через отклонения компонентов гидрохимического режима от естественного. Степень негативного воздействия определяет тип экологической устойчивости [4], может быть выражена через соответствующие коэффициенты устойчивости (K_3).

Критический уровень ($K_3 < 0,5$) экологической устойчивости прилегающих к орошаемому массиву и используемых земель характеризуется следующими основными показателями:

- превышение отклонения элементов водно-солевого баланса более чем на 50 % от среднеголетних данных;
- развитие деградационных процессов на площади, составляющей более 50 % от рассматриваемой территории.

Снижение экологической устойчивости почв ниже критического уровня рассматривается как реальное причинение вреда природной среде. По действующему законодательству [9] стоимостное исчисление размера вреда основывается на компенсационном принципе оценки и возмещения вреда по величине затрат, необходимых для фиксации и устранения причин негативного воздействия, а также восстановления уровня экологической безопасности деформированного компонента природной среды до естественного, бывшего до момента причинения вреда.

Сельхозпредприятие является наиболее заинтересованным лицом в предотвращении в будущем реально причиняемого ему экологического ущерба или же ожидаемого в обозримой перспективе. Учитывая достаточно высокую капиталоемкость мелиоративных природоохранных мероприятий и относительно скромные финансовые возможности большинства сельхозпредприятий, изыскания ими средств на предотвращение экологического ущерба представляется крайне затруднительным. В данной ситуации существенную роль в восстановлении мелиоративного состояния орошаемых земель и предотвращении их деградации в будущем должна сыграть финансовая поддержка государственных органов, ответственных за мелиоративное и экологическое состояние земель сельхозназначения.

В функции Департамента мелиорации и сельскохозяйственного водоснабжения Минсельхоза России (Департамента) [10] входит обеспечение осуществления комплекса мелиоративных мероприятий и "контроль за состоянием и использованием систем сельскохозяйственного водоснабжения и ...мелиорированных земель". В пределах предусмотренных Департаменту объемов финансирования разрабатывает предложения по распределению средств на проведение мелиоративных мероприятий с последующим контролем за целевым использованием бюджетных ассигнований, выделенных на содержание и ремонт мелиоративных систем, проведение мелиорации земель.

В Департаменте имеются потенциальные финансовые возможности для оказания поддержки сельхозпредприятию в осуществлении затрат на ликвидацию и предотвращение экологического ущерба. Учитывая природоохранные аспекты затрат на предотвращение экологического ущерба, считаем уместным привлечение государственных средств на ликвидацию и предотвращение деградации сельскохозяйственных земель. В этой связи представляется целесообразным в ближайшей перспективе разработать и утвердить в установленном порядке пакет необходимых

нормативно-правовых, методических и инструктивных документов, регламентирующих оказание этой финансовой поддержки.

Список использованных источников

1. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. – М.: "Мысль", 1990.
2. Исаева С.Д. Об определении устойчивости геосистем к мелиоративному и водохозяйственному воздействию // Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и почвоведения: Сб. научн. трудов ВНИИГиМ. – М., 1996.
3. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба. Утверждена Государственным комитетом Российской Федерации по охране окружающей среды 09.03.1999.
4. Методические рекомендации по эколого-экономической оценке эффективности мелиоративных и водохозяйственных объектов – М.: ВНИИГиМ, 2002.
5. Бондарев А.Г., Кузнецова И.В. Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения // Сб. докладов Всероссийской науч.-практ. конф. – М.: РАСХН, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1998.
6. Минашина Н.Г. Мелиорация земель и экология сельскохозяйственных угодий // Вести с.-х. науки, 1988, № 6.
7. Парфенова Н.И., Решеткина Н.М. Экологические принципы регулирования гидрохимического режима орошаемых земель. – СПб.: Гидрометеоздат. 1995.
8. Экологические требования к орошению почв России // Сб. Почвенного института им. В.В. Докучаева. – М., 1996.
9. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001. № 196-ФЗ.
10. Положение о Департаменте мелиорации земель и сельскохозяйственном водоснабжении. Утверждено МСХ РФ 05.01.2001.

УДК 627.841

МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА РЕЖИМА РАБОТЫ НИЗКОНАПОРНЫХ ВОДОЗАБОРНЫХ ГИДРОУЗЛОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Т.В. Наумова¹, И.Ф. Пикалова²

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

²ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Режим работы низконапорных водозаборных гидроузлов оросительных систем определяется регулированием уровней и расходов воды в каналах с помощью тарированных затворов водопропускных сооружений и шлюзов-регуляторов для бесперебойной и безопасной транспортировки и доставки воды в соответствии с потребностями сельхозпроизводителей.

Несмотря на то, что для каждой средней и крупной оросительной системы предоставляются соответствующие инструкции по их эксплуатации на основе общих «Правил эксплуатации мелиоративных систем...» [1], на практике постоянно приходится сталкиваться с непредвиденными ситуациями, которые требуют принятия оперативных решений. Мониторинг и оценка режима работы водозаборных гидроузлов оросительных систем в регулярные интервалы времени позволяет определить возникающие при эксплуатации проблемы и принять обоснованные решения при оперативном управлении, а также осуществлять прогнозирование и планирование соответствующих мероприятий. При мониторинге 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.

Одной из основных проблем эксплуатации водозаборных гидроузлов является борьба с заилием каналов оросительных систем. Несмотря на то, что перехват донных наносов на первом этапе, осуществляемый водозаборными сооружениями, конструкции которых основаны на принципах поперечной циркуляции или полойного деления взвесенесущего потока, после переформирования верхнего бьефа эффективность перехвата наносов снижается. Дополнительный захват донных наносов в водозабор происходит из-за заилиения верхнего бьефа до бытовых отметок, вследствие чего увеличиваются скорости подхода потока к сооружению и донные наносы проникают в верхние слои потока, забираемые в канал.

На рисунке 1 представлены данные мониторинга колебания уровней воды в магистральном канале Терско-Кумского гидроузла. Из графика на рисунке 1 видно, что при плановом графике подачи воды в оросительную систему уровень воды в канале оказывается значительно выше установленной в проекте отметки, которая равна 139,70 м при максимальной пропускной способности канала 100 м³/с (превышение до 50 см). Данная ситуация является следствием заилиения канала и может представлять опасность перелива воды через бровки канала, например, при заклинивании затворов шлюзов-регуляторов или прохождении ливневых осадков.



Рисунок 1 - График колебания уровней воды в магистральном канале

Регулярный мониторинг и оценка гидравлических параметров потока, проводимые службой эксплуатации Терско-Кумского гидроузла, позволили разработать ряд эксплуатационных мероприятий по снижению захвата донных наносов в каналы оросительной системы:

1. Регулярное проведение глубоких гидравлических промывок при снижении отметок НПУ [2];
2. Дополнительная технология целенаправленного попеременного полного открытия 1-2 щитов водосбросной плотины без снижения отметок НПУ (разработка ВНИИГиМ) [3].

Проведение совместных промывок при снижении и без снижения горизонтов воды в ВБ позволило снизить объем захвата донных наносов в каналы оросительной системы на 30-40 %.

Помимо этого, глубокие промывки позволяют уменьшить риски подтопления пойменных территорий в зоне влияния водохранилища, а полное открытие одного-двух щитов водосбросной плотины обеспечивает беспрепятственный пропуск шуги и мусора через гидроузел.

Однако частое проведение глубоких промывок вызывает возражения со стороны Рыбнадзора. Поэтому глубокие промывки проводятся по соответствующим согласованиям, и в настоящее время осуществляются один раз в год: в марте - перед прохождением весенне-летнего паводка, что значительно снижает эффективность регулирования наносного режима. Противоречия интересов различных отраслей народного хозяйства, имеющие общие водные ресурсы, могут затрагивать не только рыбное хозяйство, но гидроэнергетику, водный транспорт, промышленность, коммунальное водоснабжение и т.д.

Поэтому проблема сокращения захвата наносов в водозаборы, как и любая другая проблема, затрагивающая интересы различных водопользователей, не может быть разрешена только силами управления эксплуатации оросительной системы. Для этого требуется переход к интегрированному управлению водными ресурсами (ИУВР), инструментами которого являются: общее планирование и согласование использования водных ресурсов; координация развития отраслей; информационный обмен; участие в представляющих взаимный интерес материальных и финансовых затратах [4,5].

В регулировании наносного режима оросительной системы заинтересованы как службы эксплуатации, так и сельхозпроизводители, которые вынуждены тратить значительные суммы денег на очистку внутриводхозяйственной сети, что приводит к удорожанию продукции. Поэтому помимо борьбы с захватом наносов на головном водозаборном гидроузле, необходимо проводить согласованные действия между сельхозпроизводителями и службой эксплуатации водозаборного гидроузла по регулированию водопотребления и корректировке графиков подачи воды.

Особенно эффективным регулированием подачи воды в магистральный канал является сокращение забора воды в период прохождения весенне-летних и осенних паводков с высокими скоростями потока и высокими мутностями. Поэтому сокращая водопотребление в данные периоды времени, соответственно, уменьшается объем захвата наносов в каналы, что наглядно видно из графика (рис. 2), полученного на основе исследований ВНИИГиМ [4].

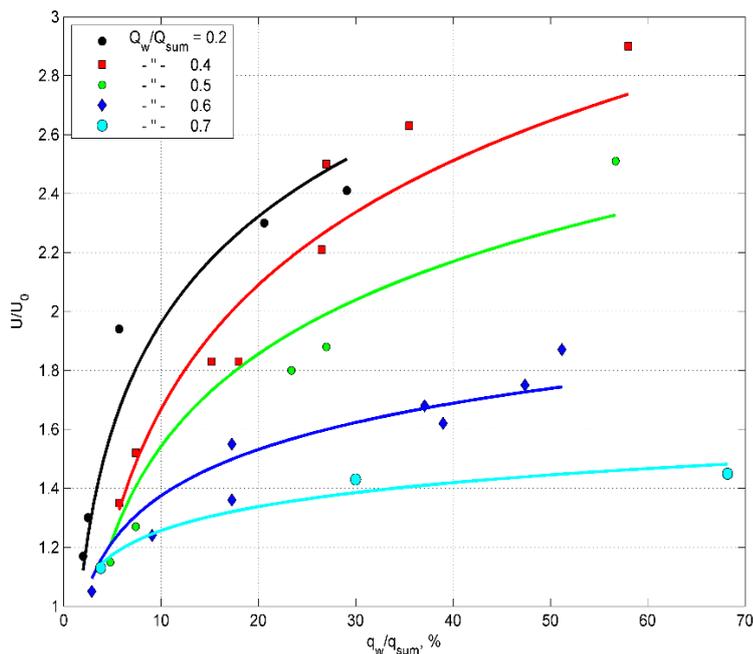
Из графика на рисунке 2 видно, что при заборе воды меньше 50 % от общего расхода воды в полосе водозабора и при средних скоростях потока $U/U_0=1,7$, захват наносов в водозабор сокращается на 40 %.

Корректировка графиков по снижению подачи воды во время прохождения весенне-летних и осенних паводков должна согласовываться с сельхозпроизводителями, которые должны оценивать свои потенциальные потребности в воде на орошение при соблюдении соответствующих норм полива, т.е. сельхозпроизводители должны брать часть ответственности и полномочий по управлению ирригационными системами.

Передача ответственности и полномочий по управлению ирригационными системами от государственных учреждений в организации частного сектора является непростой задачей, решение которой в каждой стране имеет свои законодательные, культурные и социально-экономические особенности, о чем указывается в аналитическом докладе ФАО [7]. Данный доклад является продолжением публикаций ФАО (Организация ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства) по модернизации управления орошения [8], в котором, в частности, не рассматриваются вопросы регулирования наносного режима.

Таким образом, мониторинг гидравлических параметров режима работы водозаборного гидроузла позволил провести сравнительный анализ и оценку эффектив-

ности использования метода целенаправленного маневрирования щитами водопропускных сооружений по сокращению захвата донных наносов в каналы оросительной системы и корректировке графиков водоподачи.



$q_k/\Sigma q$ – отношение удельного расхода донных наносов, поступающих в водозабор, к общему расходу донных наносов в полосе водозабора;
 U/U_0 – отношение средней скорости потока к скорости начала движения наносов;
 $Q_k/\Sigma Q$ – отношение расхода воды, забираемой в канал, к общему расходу воды в полосе водозабора

Рисунок 2 - График процента захвата донных наносов в канал фронтального водозабора

Несмотря на доказанную эффективность предлагаемых методов регулирования наносного режима, проведенный анализ позволил выявить целый ряд препятствий по их внедрению, сводящий, практически, на нет попытки их использования.

В первую очередь это препятствия в системе управления, которые носят как внешний характер (необходимость урегулирования конфликта интересов различных водопользователей), так и внутренний характер, обусловленный необходимостью вовлечения сельхозпроизводителей в управление оросительной системой. Переход к интегрированной системе управления и вовлечения сельхозпроизводителей в управление оросительной системы является важной проблемой, требующей анализа и принятия соответствующих законодательных и нормативных документов. Некоторые аспекты данной проблемы рассматриваются в статьях [9, 10].

Следующим препятствием является необходимость проведения экспресс-оценки в определении оптимальных вариантов маневрирования щитами водозаборного гидроузла, что невозможно при использовании устаревшего измерительного оборудования (гидрометрические вертушки, батометры, рейки), данные которых требуют определенного времени для камеральной обработки. В настоящее время отмечается возрастающий прогресс в области создания и использования измерительной техники с программным обеспечением для сбора, цифровой обработки с использованием методов картирования, передачи, хранения и отображения на мониторах в реальном времени информации об уровнях водной поверхности, скоростях потока, мутностей и т.д. Интерактивный режим связи сельхозпроизводителей со службами эксплуатации водозаборных гидроузлов обеспечивается с помо-

щью контролёров для сбора информации по режимам полива и программы стандартных вычислений, например, CROPWAT.

Также существует проблема подготовки инженеров-мелиораторов, которая, несмотря на увеличивающиеся сложности и меняющуюся ситуацию в орошении, все еще находится на том же традиционном уровне – их готовят только для проектирования и строительства каналов, но не для управления оросительными системами. В основном, в условиях, когда управление становится все более сложным, они остаются недостаточно подготовленными и с ограниченными возможностями.

Список использованных источников

1. Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. - утв. Министерством сельского хозяйства и продовольствия РФ 26 мая 1998 г. [Электронный ресурс] <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293776/4293776623.htm>.

2. Флексер Ч.Н. Промыв водохранилищ и верхних бьефов гидроузлов. [Текст]/ Ч.Н. Флексер, А.Н. Волохов// Гидротехника и мелиорация, 1968, № 3, с.20-26.

3. Наумова Т.В. Проблемы заиления водохранилищ ирригационного назначения и обеспечение их безопасности. [Текст]/ Т.В. Наумова// Сб. научн. трудов «Мелиорация и окружающая среда», посвященный 80-летию ВНИИГиМ - М.: 2004, Том 2, стр. 124-128.

4. Курс интегрированного управления водными ресурсами в Российской Федерации Integrated Water Resource Management course in the Russian Federation (IWRM course in the RF) Амстердам – Нижний Новгород, 2009–2011, 149 с. [Электронный ресурс] http://iwrmr.ru/IWRMRU_coursebook-2011.pdf.

5. Соколов В.И. Интегрированное управление водными ресурсами -НИЦ МКВК [Электронный ресурс] http://www.icwc-aral.uz/workshop_march08/pdf/sokolov_ru.pdf.

6. Наумова Т.В. Способы сокращения захвата донных наносов во фронтальные водозаборы ирригационного назначения. [Текст]/ Т.В. Наумова, А.М. Кушер, И.Ф. Пикалова// Мелиорация и водное хозяйство, 2015, № 5-6, с.76-79.

7. Передача управления ирригационными системами. Мировой опыт и результаты. - отчет ФАО по водным вопросам, 2010 [Электронный ресурс] <http://www.fao.org/3/a-a1520r.pdf>.

8. Модернизация управления орошения – методика MASSCOTE. Картирование системы и услуг для различных методов эксплуатации канала. - Публикации ФАО по ирригации и дренажу, Рим, 2007 [Электронный ресурс] http://www.cawater-info.net/bk/improvement-irrigated-agriculture/files/masscote_fao_63.pdf.

9. Наумова Т.В. Правовые и организационные аспекты для проведения мониторинга водных объектов агропромышленного комплекса [Электронный ресурс]/ Т.В. Наумова - Екатеринбург: Сборник материалов, XIII Международный научно-практический симпозиум 17-19 марта 2015, 211-215 с. rosniivh@rambler.ru.

10. Наумова Т.В. Современные задачи мониторинга водных объектов агропромышленного комплекса [Текст] / Т.В. Наумова, Е.В. Овчинникова, И.Ф. Пикалова – /Материалы международного научного форума – Проблемы управления водными и земельными ресурсами/ - М: Издательство РГАУ МСХА – 2015, стр. 421-428.

ОЦЕНКА КОМПЕТЕНЦИЙ И ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ БЮДЖЕТНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ

Г.В. Ольгаренко, А.А. Угрюмова

ФГБНУ ВНИИ «Радуга», г. Коломна, Россия

Впервые термин компетенция был введен в научный оборот В. Макелвиллом в 1982 г. В настоящее время он успешно заменил ранее существовавшую триаду: «знания-умения-навыки».

Формирование, анализ и прогнозирование компетенций персонала организации необходимо для осуществления следующих функций управления:

- утверждение штатного расписания организации;
- выявление и проектирование необходимых компетенций для организации в соответствии с организационной структурой и должностными обязанностями;
- реализация внутриорганизационной системы мотивации сотрудников, основанной как на материальных стимулах, так и на разнообразных методах нематериального стимулирования;
- оценка существующих компетенций сотрудников в соответствии с требованиями организации.

На сегодняшний день в управлении персоналом накоплен значительный опыт в методологии выявления компетенций персонала.

С точки зрения способа осуществления их можно подразделить на две группы: собственными силами и с привлечением профессионалов по аутсорсингу.

По специфике применяемой методологии это может быть: метод 360⁰, анкетирование, экспертный опрос и др.

Так метод 360⁰ позволяет получить усреднённые оценки по четырём группам оценщиков: самооценка, руководство, коллеги и подчинённые.

Хотелось бы остановиться на ключевых компетенциях руководителей, в частности руководителей ФГБУ в сфере мелиорации.

Важной компетенцией для успешных руководителей является ориентация на значимые достижения. Ещё одной существенной компетенцией современного руководителя является эффективное делегирование полномочий, предусматривающее вовлечение коллектива в решение задач и целей организации. При этом неременной компетенцией руководителя является его толерантность, умение разрешать или минимизировать конфликтные ситуации, вызывающие деструктивные изменения в коллективе.

Мелиоративные и водохозяйственные системы федеральной собственности, находящиеся в ведении Минсельхоза России, представлены шестьюдесятью тысячами гидротехнических сооружений, в том числе 246 водохранилищ, более 2 тыс. регулирующих гидроузлов, 247 плотин, 1,7 тыс. подающих и откачивающих воду стационарных насосных станций, более 40 тыс. км водопроводящих и сбросных каналов, свыше 3 тыс. км защитных валов и дамб и другие объекты. Более 330 гидротехнических сооружений, находящихся в ведении Минсельхоза России, относятся к потенциально опасным объектам, которые создают реальную угрозу возникновения источника чрезвычайной ситуации, в том числе 168 плотин водохранилищ, 30 гид-

роузлов, 25 защитных дамб и другие сооружения. В зоне возможных затоплений расположено более 670 населенных пунктов с общей численностью населения свыше 1,6 млн. человек. Балансовая стоимость мелиоративных систем федеральной собственности 140856,41 млн. рублей (100 %), в том числе: орошение 123628,88 млн. рублей (87,8 %) и осушение 17227,93 млн. рублей (12,2 %).

Целью деятельности эксплуатационных организаций мелиоративно-водохозяйственной отрасли Агропромышленного комплекса является надежная и безопасная эксплуатация государственных мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, обеспечивающая эколого-экономически сбалансированный и устойчивый уровень сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях при рациональном использовании интегральных ресурсов.

Для реализации функций, возложенных на Департамент мелиорации, ФГБУ «Управление» Мелиоводхоз» выполняется Государственное задание, включающее следующие основные направления производственной деятельности:

- эксплуатацию государственных мелиоративных систем, отдельно расположенных гидротехнических сооружений, в том числе эксплуатацию государственных мелиоративных систем, обеспечивающих межрегиональное и межхозяйственное водораспределение;

- обеспечение реализации комплекса мероприятий по реализации федеральных целевых программ в сфере мелиорации земель;

- проведение работ по предупреждению и ликвидации последствий аварий на мелиоративных системах и отдельно расположенных гидротехнических сооружениях.

Кадровый состав эксплуатационных организаций, находящихся в ведении Минсельхоза России, составляет около 19,0 тыс. человек, из которых на АУП приходится более 10,0 %, инженерно-технический персонал около 15 %, рабочие специальности -75 %.

Укомплектованность отрасли кадрами до нормативной численности составляет в среднем примерно 70 %. Это число меняется по различным ФГБУ от 30 до 90 %. Поэтому очень важны вопросы повышения уровня квалификации кадров, что позволит частично компенсировать количественный дефицит, а также подготовить кадры специалистов способных эффективно действовать в современных социально-экономических условиях.

Исходя из целей и задач функционирования и современной социально-экономической обстановки, руководитель мелиоративной организации должен выступать не только как менеджер, но и как специалист, имеющий высокий уровень инженерно-технической специализации в области гидротехники и мелиорации.

Компетенции руководителей федеральных государственных бюджетных учреждений в области мелиорации можно разделить на ряд важнейших групп, объединяемых в карту ключевых компетенций руководителя.

Первой и наиболее весомой является личностная группа компетенций руководителя. Сотрудник, обладающий знаниями, но не имеющий качеств, необходимых для работы в роли руководителя, не сможет соединить формальное руководство с неформальным и никогда не будет иметь авторитет в коллективе.

Второй группой компетенций руководителя выступает его профессионализм. Ведущие профессиональные компетенции чаще всего определяются: образованием, переподготовкой или повышением квалификации, стажем работы в целом и руководящей работы в частности.

Третья группа компетенций руководителя обычно опирается на общие знания, умения и навыки. К ним можно отнести: планирование, организация, постановка и реализация целей, знания в области IT, создание команд, делегирование полномочий, обучаемость, знание бухгалтерско-экономической документации и принципов её ведения, знание законодательно-правовых основ организационной деятельности и др.

Повышение конкуренции, усиление требований к устойчивости организации в условиях турбулентных изменений в экономике объективно выдвигает на первый план деятельность руководителя.

В этой связи можно сформулировать наиболее актуальные требования к руководителю мелиоративной организации в свете компетентностного подхода: знать основные способы формирования производственной ориентированности в организации; знать основные компетенции руководителя ФГБУ в сфере мелиорации; уметь выявлять критерии оценки результатов производственной деятельности ФГБУ для государства, общества, физических и юридических лиц; уметь разрабатывать модели организационных компетенций; уметь создавать кадровый резерв в организации; уметь мотивировать персонал на реализацию интересов организации; иметь навыки формирования ориентированного на успех организации поведения сотрудников.

Так, наиболее существенными для руководителей ФГБУ являются три блока компетенций, которые в современных экономических условиях оказывают существенное влияние на деятельность мелиоративных организаций.

Это компетенции руководителей ФГБУ в области имущественных отношений и в сфере госзакупок, компетенции руководителей ФГБУ в области имущественных отношений и базовые компетенции в области обеспечения безопасности гидротехнических сооружений.

Обоснованная карта компетенций руководителей ФГБУ в области мелиорации позволит конкретизировать основные направления его деятельности.

В целом внедрение компетентностного подхода обеспечит повышение эффективности труда руководителей ФГБУ и обеспечит реализацию современных требований к управлению, отвечающих как потребностям самой организации, так и существующим и перспективным клиентам.

Список использованных источников

1. Ольгаренко Г.В. Стратегия научно-технической деятельности по разработке новой техники для орошения при реализации программы развития мелиорации. Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 6. С. 5-8.

Угрюмова А.А. Системный подход к управлению региональной инновационной восприимчивостью. Региональная экономика: теория и практика. 2011. №43(226), С. 30-35.

УДК 631.471

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТОРФОЗЕМОВ

А.Д. Позднякова, Л.А. Поздняков, О.Н. Анциферова
ФГБНУ ВНИИМЗ, г. Тверь, Россия

Современные компьютерные технологии уже на практике доказали свое превосходство при работе с данными. Объединение компьютерной технологии (особенно по обработке и анализу данных) и традиционной карты открыло новые горизонты перед картой и привело к появлению первых геоинформационных систем

(ГИС). То есть, ГИС - это современная компьютерная технология для картирования и анализа объектов реального мира, в том числе и мелиоративных систем.

Эта технология объединяет традиционные операции работы с базами данных, такими как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта.

В своих исследованиях мы широко используем не только классические методы, но и ГИС-технологии. Так, для мониторинга и выявления трендовой направленности того или иного почвенного свойства или процесса приходится пользоваться старыми картами и данными свойств в точках отбора образцов обозначенных на этих картах. Естественно, географические координаты этих точек не известны, так как навигационных приборов тогда не было и точки на карте отмечали исходя из расстояний до края поля.

Методы ГИС позволяют «оцифровать» такие карты и найти географические координаты этих точек. В дальнейшем отбираем и анализируем образцы уже конкретно в этих точках.

Исследования проводили на одном из старейших объектов мелиорации - Яхромская пойма Московской области. Сама река Яхрома является притоком реки Сестры, принадлежит бассейну Волги. Она берет свое начало в высотах Клинско-Дмитровской гряды и протекает в северной части Московской области в направлении с юго-востока на северо-запад.

Залежи поймы реки Яхрома развивались в сложных гидрогеологических условиях. Сюда относятся: глубокое залегание долины; выклинивание грунтовых вод из нескольких горизонтов коренных пород; напорных из верхнекарбонатовых известняков, доломитов и мергелей; жестких меловых, из ожелезненных песков с фосфоритами и четвертичных из водоносных предледниковых, меж- и послеледниковых горизонтов.

В результате сформировалась сложная система отложений, где чистый торф переслаивается с илистыми прослоями, минеральными включениями ключевой и озерной извести, вивианита, охры, сапропеля и т.п.

История освоения Яхромской поймы довольно продолжительна для такого рода мелиорируемых объектов, и в архивах ВНИИМЗ имеются данные практически с начального этапа освоения поймы т.е. с 1911-1914 гг. На их основе можно проследить ряд общих закономерностей эволюции торфяников при освоении, дать их оценку, определить интенсивность деградации и эволюции, прогнозировать дальнейшее развитие схожих низинных торфяников.

Учитывая разрозненность данных по почвам и отсутствие постоянных опорных точек отбора образцов, изучение трансформации мелиорированных торфяных почв за длительный период имеет смысл проводить по площади. Для этого была проведена оцифровка старых карт и найдены географические координаты точек исследования в разные годы.

Освоение Яхромской поймы начиналось с участка «Ближний» в 1906-1914 годах. Со временем территория поймы претерпела кардинальные изменения - было произведено осушение, сведение древесной и кустарниковой растительности. Естественная болотная растительность постепенно сменилась культурной и сорной. Произошли глубокие изменения водного режима и различных свойств торфяных и других пойменных почв. В 1973 году весь участок «Ближний» уже мелиорирован, освоен и поделен на кварталы.

Координаты точек отбора образцов на этом участке в 1973 году отличаются от точек отбора образцов в 1922 году. Поэтому, чтобы мониторить изменение тех или иных свойств на объекте мы не можем сравнивать результаты анализов в конкретной точке. Но методы ГИС позволяют оценить изменение свойств по площади и во времени. В своей работе мы применяли такие программы как Surfer8, MapInfo7, PaintShop и Photoshop.

В таблицах 1 и 2 представлены координаты отбора образцов в разные годы и некоторые из свойств мелиорированных торфяных почв.

Таблица 1 - Некоторые свойства торфяных почв, определенные в 1922 году на участке «Ближний»

| Долгота | Широта | Номер разреза | зола | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N общий | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ |
|----------|----------|---------------|-------|-------------------------------|------------------|---------|------------------|--------------------------------|
| 37,44893 | 56,38033 | 1 | 39,81 | 1,33 | 0,17 | 2,48 | 0,15 | 10,91 |
| 37,45331 | 56,38359 | 2 | 25,3 | - | - | - | 0,46 | 2,45 |
| 37,45662 | 56,38553 | 3 | 36,88 | 1,21 | 0,24 | 1,92 | 0,47 | 7,92 |
| 37,45895 | 56,38714 | 4 | 61,09 | 0,75 | 0,41 | 1,66 | 0,02 | 9,3 |
| 37,44519 | 56,38203 | 5 | 32,62 | 1,42 | 0,23 | 2,38 | 0,23 | 9,39 |
| 37,44796 | 56,38347 | 6 | 28,55 | 1,21 | 0,19 | 2,65 | 0,17 | 7,67 |
| 37,45159 | 56,38639 | 7 | 26,23 | 0,6 | 0,1 | 3,49 | 0,25 | 7,29 |
| 37,45472 | 56,38847 | 8 | 56,38 | 0,66 | 0,3 | 1,61 | 0,46 | 7,9 |
| 37,4479 | 56,38807 | 10 | 23,07 | 0,67 | 0,15 | - | 0,14 | 6,66 |
| 37,45016 | 56,38961 | 11 | 29,2 | 0,97 | - | - | 0,08 | 5,6 |

Программа Surfer позволяет нарисовать изолинии распределения свойств по площади. Конечно это не точное распределение, а с некоторым усреднением и обобщением, но все же позволяет проследить динамику и выявить закономерности изменения тех или иных свойств исследуемых почв.

Так, на рисунке 1 представлены изолинии распределения P₂O₅ на участке «Ближний» в начале освоения поймы (1922 г.) и через 90 лет после освоения (2013г.), в пахотном горизонте.

Изолинии проводились программой Surfer после предварительного пересчета данных на узлы прямоугольной сетки (Grid). Интерполирование и экстраполирование может осуществляться разными методами. Наиболее распространенным является метод Kriging, который был использован и нами. Число линий сетки по вертикали и горизонтали можно выбрать по желанию.

Минимальные и максимальные значения координат XY должны совпадать с аналогичными у базовой карты, чтобы карта изолиний полностью покрывала базу. В результате такого пересчета создается grid-file, в котором хранится информация о распределении того или иного свойства по узлам построенной сетки, то есть по площади покрывающей исследуемый участок.

Для наглядности представления, изолинии, выходящие за пределы участка, нами были убраны. Шкала изменения свойств выбиралась одинаковой, для каждого года, чтобы можно было сравнивать результаты.

Как видим, построение изолиний распределения свойств позволяет наглядно представить полученный материал. Программа Surfer для этих целей подходит идеально. Она позволяет выбрать способ построения сетки и метод пересчета исход-

ных данных на узлы этой сетки, выбрать красочное заполнение промежутков между изолиниями, выбрать интервал таких изолиний и т.д.

Таблица 2 - Некоторые свойства торфяных почв, определенные в 1973 и 2013 году на участке «Ближний»

| Координаты | | Номер разреза | 1973 г. | | | 2013 г. | | |
|------------|---------|---------------|-------------------------------|------------------|------|-------------------------------|------------------|-----------------|
| широта | долгота | | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Nвал | P ₂ O ₅ | K ₂ O | NO ₃ |
| 56,3815 | 37,4568 | 2 | 0,23 | 0,12 | 3,11 | 4,35 | 13,86 | 42,09 |
| 56,3824 | 37,4580 | 3 | 0,36 | 0,04 | 3,82 | 0,83 | 11,06 | 3,48 |
| 56,3842 | 37,4607 | 4 | 0,33 | 0,02 | 4,16 | 2,38 | 5,60 | 2,73 |
| 56,3867 | 37,4643 | 5 | 0,3 | 0,16 | 3,64 | 2,23 | 10,27 | 8,17 |
| 56,3816 | 37,4526 | 7 | 0,17 | 0,5 | 1,96 | 0,75 | 8,62 | 14,85 |
| 56,3840 | 37,4561 | 8 | 0,27 | 0,09 | 0,64 | 2,40 | 9,40 | 9,09 |
| 56,3850 | 37,4566 | 9 | 0,58 | 0,07 | 1,48 | 2,48 | 14,56 | 8,47 |
| 56,3853 | 37,4581 | 10 | 0,42 | 0,12 | 2,16 | 2,53 | 11,21 | 9,23 |
| 56,3867 | 37,4601 | 11 | 0,48 | 0,1 | 1,73 | 3,94 | 13,21 | 11,37 |
| 56,3820 | 37,4485 | 13 | 0,36 | 0,13 | 1,9 | 1,19 | 10,67 | 24,58 |
| 56,3834 | 37,4505 | 14 | 0,35 | 0,3 | 1,05 | 2,45 | 7,42 | 11,50 |
| 56,3849 | 37,4527 | 15 | 0,78 | 0,08 | 4,08 | 1,30 | 12,71 | 10,24 |
| 56,3866 | 37,4541 | 16 | 0,56 | 0,07 | 4,23 | 1,28 | 20,22 | 11,23 |
| 56,3888 | 37,4582 | 17 | 0,62 | 0,07 | 5,17 | 3,30 | 6,04 | 5,75 |
| 56,3829 | 37,4452 | 19 | 0,56 | 0,12 | 4,29 | 1,79 | 8,05 | 10,62 |
| 56,3825 | 37,4462 | 20 | 0,18 | 0,13 | 4,2 | 1,62 | 20,95 | 14,27 |
| 56,3857 | 37,4492 | 21 | 0,5 | 0,51 | 3,39 | 1,95 | 20,80 | 11,75 |
| 56,3870 | 37,4511 | 22 | 0,5 | 0,16 | 0,25 | 1,47 | 19,54 | 5,04 |
| 56,3884 | 37,4531 | 23 | 0,44 | 0,25 | 1,17 | 4,53 | 12,90 | 2,65 |
| 56,3866 | 37,4468 | 24 | 0,76 | 0,15 | 1,54 | 2,03 | 15,79 | 16,52 |
| 56,3881 | 37,4471 | 25 | 0,38 | 0,11 | 1,87 | 1,20 | 29,62 | 11,26 |
| 56,3892 | 37,4485 | 26 | 0,48 | 0,14 | 2,05 | 2,87 | 11,97 | 8,59 |
| 56,3911 | 37,4511 | 27 | 0,62 | 0,2 | 1,59 | 1,93 | 11,13 | 12,35 |

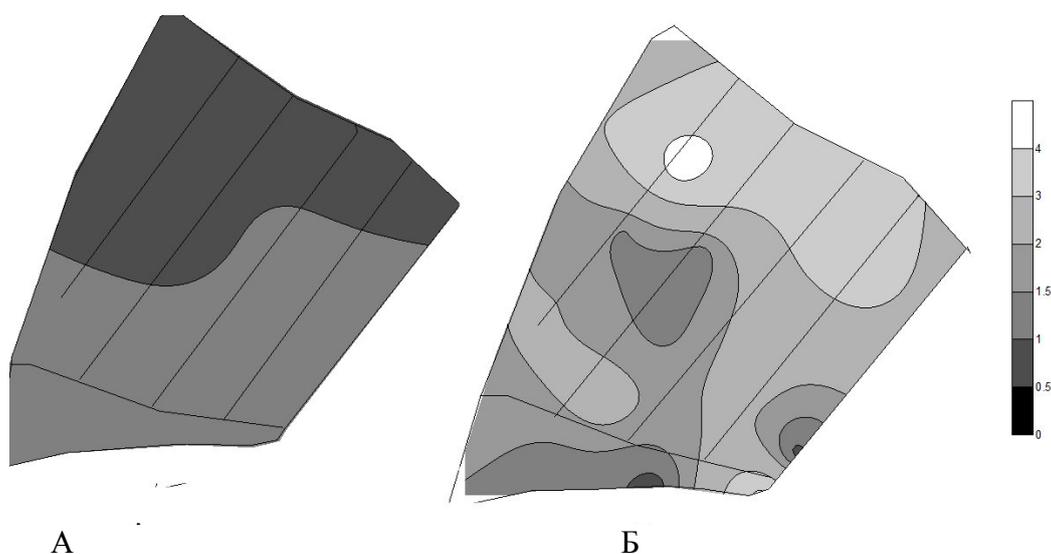


Рисунок 1 - Распределение P₂O₅ в пахотном горизонте участка «Ближний» в 1922 (А) и 2013 (Б) году. Московская обл, Дмитровский р-н, Яхромская пойма

Судя по картам (рис.1.) содержание P_2O_5 за 90 лет заметно увеличилось. По аналогичным картам можно проследить изменения в распределении и других агрохимических свойств, а также микроэлементов в пахотном и подпахотном слое за годы интенсивного использования мелиорированных земель.

Таким образом, используя ГИС-технологии можно наглядно представить распределение этих свойств по площади, проследить за их изменением, независимо от места отбора образцов. Зная координаты точек отбора образцов в предыдущие годы в дальнейшем можно отбирать образцы в этих же точках, чтобы результаты мониторинга были более точными.

УДК 631.6

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ПЛОДОРОДИЕМ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЕ

Н.А. Пронько, В.В. Корсак

Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

Решение проблем обеспечения населения Земли продуктами питания и продовольственной безопасности России в условиях наблюдающегося глобального потепления и аридизации климата планеты невозможно без расширения площади орошаемых земель. В масштабах планеты такое расширение происходит постоянно на протяжении прошлого и в начале нынешнего века, в результате чего на каждого жителя Земли сейчас приходится 0,04 га поливной пашни против 0,03 га в 1900 г. В Российской Федерации, напротив, площадь поливных сельхозугодий в последние годы снижалась: обвально в 1990-ые, медленно – в 2000-ые годы. Однако недавно принята Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы», согласно которой будет введено в эксплуатацию около 467 тыс. га орошаемых сельскохозяйственных угодий, что составит более 10% от существующей площади.

Практика широкой ирригации в Поволжье показала, что при нерациональной эксплуатации орошаемых земель в агроландшафтах неизбежно развиваются многие деградиционные процессы, приводящие к снижению их продуктивности и даже выводу из сельскохозяйственного производства [1-3].

Возрождая мелиорацию, важно обеспечить более высокий уровень урожайности поливных культур, предотвращение развития негативных почвенно-мелиоративных процессов и сохранение плодородия орошаемых земель. Это возможно только при полном переходе на адаптивное поливное земледелие, что обуславливается большой пространственной изменчивостью показателей мелиоративного состояния и почвенного плодородия в регионе. В любом хозяйстве нет даже двух полей с одинаковыми агрохимическими, агро- и водно-физическими свойствами, уровнем и минерализацией грунтовых вод, составом и количеством легкорастворимых солей в почвенном растворе, обменных оснований в емкости катионного обмена. Поэтому для каждого поля система земледелия, и прежде всего система поливов и система удобрений, должна соответствовать экологическим условиям этого поля [4].

Для обеспечения адаптации систем земледелия экологическим условиям поля нами был разработан инновационный инструментарий, представляющий собой комплекс компьютерных информационных технологий выработки управленческих

Создание слоя уровней грунтовых вод (УГВ) осуществлялось по следующему алгоритму:

1.Интерполяцией горизонталей, полученных с топографических карт масштаба 1:25000 и сечением рельефа 2,5 м, создается цифровая модель рельефа в виде триангуляционной нерегулярной сети (TIN);

2.Слой пространственной привязки скважин наблюдения за грунтовыми водами векторизуется по топографической карте масштаба 1:150000;

3.Цифровая модель поверхности грунтовых вод создается по абсолютным отметкам УГВ в местах расположения скважин, которые рассчитываются с помощью цифровой модели рельефа и данных наблюдений за УГВ;

4.Полученные модели преобразуются в растровые представления (матрицу высот рельефа и матрицу абсолютных отметок УГВ);

5.Вычитанием матрицы абсолютных отметок УГВ из матрицы высот рельефа с помощью алгебры растров (Map Algebra) получается матрица глубин залегания грунтовых вод, которая преобразуется в цифровой слой УГВ интерполяцией методом локальных полиномов 2-го порядка, дающим наименьшее стандартное отклонение при перекрестной проверке – 0,24 м.

При построении цифровых слоев засоления различных почвенных горизонтов для интерполяции использовалась сумма эквивалентов хлор-иона токсичных солей, которая определялась с помощью специального алгоритма, разработанного для почвенных условий Поволжья и реализованного средствами MS Excel XP. Сравнительный анализ различных методов интерполяции и аппроксимации показал, что в условиях сухостепного Поволжья наибольшую точность обеспечивает метод обратно взвешенных расстояний (стандартное отклонение 0,10...0,16 мг экв/100 г почвы).

В инструментарий, обеспечивающий адаптацию систем поливов мелиоративным условиям конкретного поля, вошла ИСС «Управление водным режимом орошаемых почв» (№ государственной регистрации 2008613920), вырабатывающая рекомендации по управлению водным режимом при выращивании сельскохозяйственных культур. С ее помощью проводится проектирование рациональных эксплуатационных режимов орошения, которые с учетом изменяющейся в процессе вегетации потребности культур в воде дифференцированы по предполивному порогу влажности и глубине увлажняемого слоя почвы. За счет этого, как показали результаты исследований, минимизируются инфильтрационные потери и снижается риск подъема грунтовых вод и вторичного засоления [8].

Одним из наиболее опасных деградиационных процессов, охвативших земли сельскохозяйственного назначения и снижающих эффективность земледелия во всем мире, является дегумификация почв. В России средние потери гумуса за последние 15 лет в несмытых почвах составили 9,5 %, среднегодовые – 0,62 т/га. В Саратовской области потери гумуса за последние 20 лет достигли 6-16 %, при среднегодовых дефицитах баланса гумуса по микроразонам 0,59-0,91 т/га. Важность предотвращения дегумификации обусловлена огромной ролью гумуса в плодородии почв, так как в нем аккумулируются большие запасы элементов питания растений, от его содержания зависит большинство агрономически важных свойств почвы: структурность, поглощательная и водоудерживающая способность, кислотность, буферность, биологическая активность и другие. Наряду с содержанием гумуса продуктивность орошаемой пашни определяется обеспеченностью почвы доступными растениям элемента-

ми питания, которая в период экономического кризиса значительно понизилась и продолжает снижаться из-за высокой стоимости внесения удобрений.

Поэтому важнейшими элементами цифровой карты являются слои, отражающие пространственное распространение основных показателей агрохимического состояния орошаемых полей: содержание органического вещества почвы и ее обеспеченность доступными элементами питания (рис. 2).

Сравнительный анализ различных методов интерполяции и аппроксимации показал, что в условиях сухостепного Поволжья наибольшую точность построения цифровых моделей распространения обеспечивают: для содержания гумуса – метод локальных полиномов 2-го порядка; для обеспеченности доступным фосфором – радиальных базисных функций; обменным калием – локальных полиномов 2-го порядка (стандартное отклонение 0,46 %, 1,12 мг/100 почвы и 1,05 мг/100 почвы соответственно).

В инструментарий, обеспечивающий адаптацию систем удобрений агрохимическим условиям конкретного орошаемого поля, вошла ИСС «Управление плодородием орошаемых почв» (№ государственной регистрации 2009612517), которая основана на методе расчета доз органических и минеральных удобрений по прогнозируемому ротационному балансу элементов питания [9]. Она предназначена для проектирования рационального состава и параметров технологического процесса внесения органических и минеральных удобрений при возделывании 18 орошаемых культур. С ее помощью для каждого конкретного поля, исходя из результатов мониторинга о содержании гумуса, обеспеченности почвы питательными элементами, и особенностей культуры, определяются виды, дозы, сроки и технические средства внесения органических и минеральных удобрений, обеспечивающие получение планируемой урожайности, предотвращение деградации, сохранение потенциального и эффективного плодородия почвы.

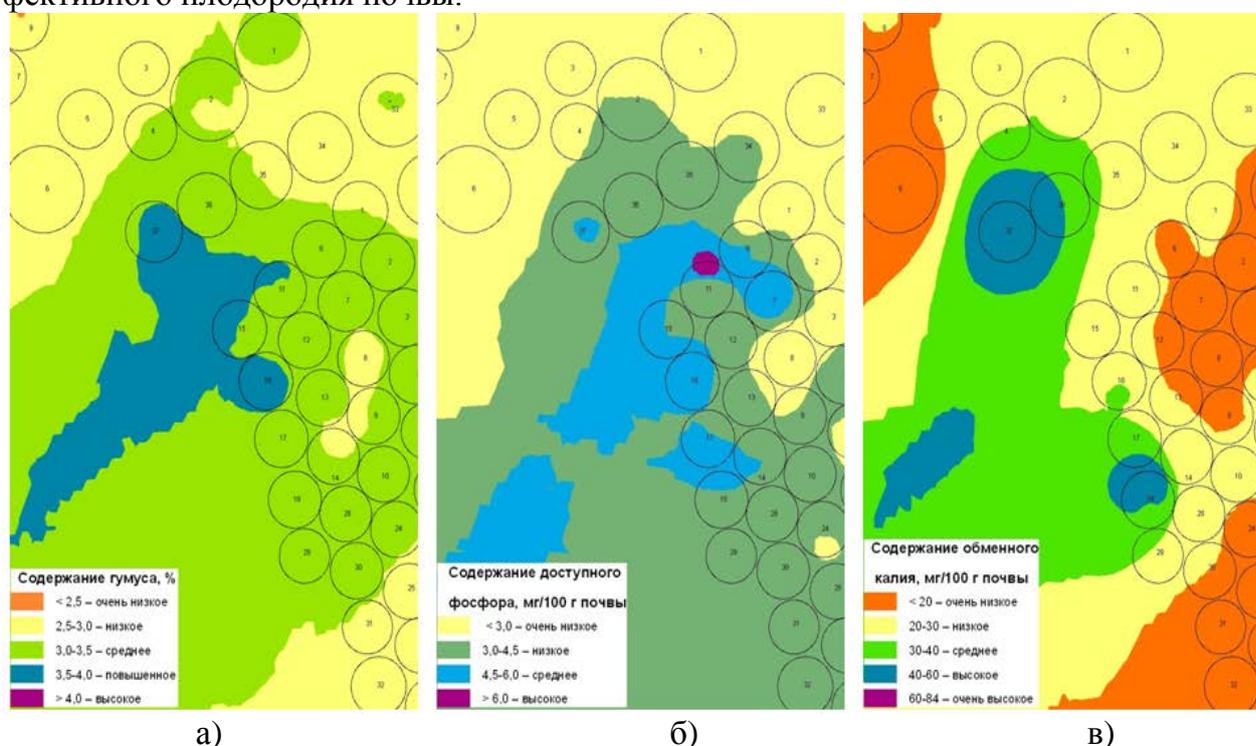


Рисунок 2 – Слои цифровой карты, отражающие содержание гумуса (а), уровни обеспеченности доступным фосфором (б), обменным калием (в) на орошаемых землях ЗАО «Агрофирма «Волга» Марковского района Саратовской области

В результате внедрения разработанных информационных технологий в репрезентативном для условий орошения сухостепного Заволжья хозяйстве ЗАО «Агрофирма «Волга» Марковского района Саратовской области: уменьшилась деградация почв; стало происходить выравнивание эффективного плодородия на уровне оптимальных значений и сократилась площадь пашни с низкой обеспеченностью элементами питания; уменьшился риск подъема грунтовых вод и засоления почв. При учете пространственной неоднородности содержания гумуса, обеспеченности почвы элементами питания экономический эффект только за счет экономии минеральных удобрений составил 133 тыс. руб./год.

Список использованных источников

1. Кизяев Б.М., Кирейчева Л.В. Восстановление плодородия мелиорируемых земель – актуальная задача. – Плодородие, 2006, № 5, С. 18-19.
2. Юрченко И.Ф. Система эксплуатации орошаемых агроландшафтов // Аграрная наука, 1998, № 2, С. 37.
3. Пронько Н.А., Корсак В.В., Фалькович А.С. Орошение в Поволжье: не повторять ошибок // Мелиорация и водное хозяйство, 2014, №4, С. 16-19.
4. Пронько Н.А., Корсак В.В., Фалькович А.С., Затинацкий С.В. Пути решения проблемы борьбы с деградацией орошаемых земель Саратовской области // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2009. – № 4. – С. 38-45.
5. Пронько Н.А., Корсак В.В. Современные информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2009. – № 3. – С. 27-29.
6. Пронько Н.А., Корсак В.В. Управление орошаемым земледелием на основе использования информационных технологий// Научная жизнь, 2012 № 2, С. 80-87.
7. Пронько Н.А., Корсак В.В., Корнева Т.В. ГИС-мониторинг мелиоративного состояния орошаемых земель (на примере сухостепного Заволжья) // Мелиорация и водное хозяйство. – 2008. – №6. – С. 36-38.
8. Пронько Н.А. Агромелиоративные основы производства и автоматизированная технология управления выращиванием полевых культур на орошаемых землях Поволжья. – Автореф. дисс. на соискание уч. степ. докт. с.-х. наук. – Саратов, СГАУ им. Н.И. Вавилова, 1999, 40 с.
9. Пронько Н.А., Корсак В.В. Метод расчета доз органических и минеральных удобрений для культур орошаемых севооборотов по прогнозному ротационному балансу элементов питания // Агрохимия, 2001, № 7, С. 66-71.

УДК 631.61:631.171:631.23

ФИТОДРОМ

В.Н. Сельмен, В.Н. Родькина, Г.И. Ершова

Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия

Россия занимает 12,7 % территории государств Земли и в ней проживает только 1,98 % населения. По среднемировой плотности населения в нашей стране сейчас должно проживать 937 млн. человек, а живёт 146 млн. или в 6,4 раза меньше. Поэтому необходим значительный рост населения и равномерное распределение его по северным и восточным регионам. Нужно создать для прибывающего населения надёжную продовольственную базу.

В первую очередь надо развивать традиционное сельское хозяйство, поднять урожайность сельскохозяйственных культур. Для этого требуется повышение плодородия почв, комплексное внесение удобрительно-мелиорирующих смесей [15], использование программирования урожаев [5]. Необходимо шире использовать под культуры мелиорированные земли и применять на них современные ресурсосбере-

гающие и экологически безопасные технологии [2, 6]. Использовать биотехнологические методы ускоренного выведения и массового размножения перспективных высокоурожайных культур и сортов [8, 10, 14]. В современных условиях при выращивании сельскохозяйственных культур необходимо учитывать и факторы техногенного загрязнения, которые оказывают существенное воздействие на рост и развитие сельскохозяйственных культур и на агроландшафт в целом [3,4].

В оборот должны быть вовлечены все заброшенные ранее сельскохозяйственные угодья, но новые земли для увеличения производства продовольствия в нашей стране отыскать и освоить будет трудно. Для растениеводства по поступлению света и тепла благоприятна лишь четверть территории страны. На оставшейся территории тайга, тундра, болота, горы, вечная мерзлота. Уже сегодня необходимо вести поисковые научно-исследовательские работы по разработке принципиально новых способов производства продовольствия в этих условиях и, в частности, по выращиванию растениеводческой продукции в условиях искусственного освещения. Нужно научиться в условиях вечной мерзлоты и полярной ночи круглогодично производить растениеводческую продукцию в помещении, где человек живёт и работает. Производить в количестве и ассортименте, достаточном для получения человеком сбалансированного питания. При этом сберечь хрупкую северную экологию.

Впервые идея выращивания растений при искусственном освещении появилась вскоре после изобретения электрических ламп накаливания. Но первые опыты были неудачными из-за несовершенства этих ламп, у которых на свет используется только 7 % мощности, а 93 % идёт на тепловое инфракрасное излучение. Появление люминесцентных ламп, с КПД по свету 21 %, имеющих тёплый и холодный спектры излучения, позволило добиться успеха. В последние годы появились и фитолампы со спектром излучения, соответствующим красному и синему пикам фотосинтеза и специализированные теплические лампы различных конструкций. Но неожиданно, при достижении требуемой растениям освещённости и оптимальном размещении посевных площадей в теплице или вегетативном помещении, возникла проблема необходимости сброса излишнего тепла от ламп.

В связи с появлением в последнее десятилетие светодиодных ламп, со сроком службы до 100000 часов (11 лет непрерывного горения), использованием на свет до 60 % мощности, существенной экономией электроэнергии и минимальным выделением тепла, вопрос о перспективности выращивания под искусственным освещением приобрёл практическое значение.

Выращивание растениеводческой продукции под искусственным освещением потребует большие объёмы электроэнергии. Для производства полного объёма выращиваемых в стране сельхозкультур в закрытых помещениях при искусственном освещении по нашим расчётам требуется 104 % от производимой в стране энергии, и в настоящее время это нереально. Однако, для выращивания под искусственным освещением всей произведённой в стране продукции овощеводства, потребуется, по расчётам, всего 0,6 % от годового производства энергии в стране; для картофеля 3,6%. Поэтому начинать надо с овощных культур и производства оздоровленного элитного семенного картофеля [13].

В мире назревает кризис углеводородной энергетики. Запасы ископаемых углеводородов – угля, нефти, газа будут исчерпаны в ближайшее историческое время, различные прогнозы называют от нескольких десятилетий до столетия. Выход в переходе на возобновляемые источники энергии – в настоящее время ГЭС, ветровые электростанции, солнечные батареи, использование силы морских приливов.

Ведётся активная работа по использованию биотоплива [9]. В перспективе развитие экологически чистой водородной энергетики, основанной на каталитическом разложении воды на водород и кислород, с последующим сжиганием полученного водорода с образованием воды. Главное направление – овладение термоядерной энергетикой, которая даст нам в руки неограниченные запасы энергии. Выход термоядерной энергетики на массового потребителя ожидается к середине века.

Для представления о возможностях термоядерной энергетики следует напомнить официально приводимый пример. Из стакана простой воды, при условии выделения из неё содержащейся в долях процента «тяжёлой воды» с изотопами водорода – дейтерием и тритием, и пропусканием их через термоядерную реакцию, можно получить столько же энергии, как при сжигании тонны сырой нефти. Имеются прогнозы, что производство энергии в 21 веке увеличится в 5 - 6 раз.

В энергетике произойдёт революционный скачок, готовиться к которому надо заранее. Одновременно с разработками по энергосберегающим технологиям для дня сегодняшнего, нужно начинать работы по созданию энергонасыщенных технологий для дня завтрашнего. К моменту выхода термоядерной энергетики на массового потребителя нужно иметь портфель отработанных и проверенных российских технологий по её использованию. Страна постепенно сможет найти энергетический потенциал для круглогодичного производства всё возрастающей доли продукции растениеводства в закрытых условиях при искусственном освещении.

В растениеводстве следует перейти от производства продукции с единицы площади поля один раз в год на круглогодичное производство продукции с единицы объёма в жилых, производственных и подсобных помещениях. Для этого следует использовать многоэтажные, многоярусные светоустановки, работающие на принципе движущегося конвейера. На конвейер через определённые периоды времени устанавливаются ёмкости с почвой и высаженными семенами, по мере роста они продвигаются, в определённых точках производится полив и внесение необходимых удобрений. Время прохождения по конвейеру соответствует продолжительности периода вегетации. К концу конвейера растение созревает, ёмкость снимается с конвейера, а выращенная продукция используется в пищу.

Для такой установки существует термин – фитодром, от слов фито – растение и дромос – бегать (аналогично терминам ипподром и аэродром), что означает место, где бегут растения. Термин фитодром и первые установки для конвейерного производства растительной продукции под искусственным освещением появились в конце семидесятых годов прошлого века в Институте медико-биологических проблем РАН, при разработке продовольственного обеспечения длительных космических полётов. Установки испытывались на полярных станциях [1].

В настоящее время имеется около 20 авторских свидетельств и патентов на различные варианты конструкции фитодрома. Однако все они технически сложны. Для упрощения конструкции и создания гибкого производственного процесса нами (Сельмен В.Н., Поляков А.В., Пыленок П.И., Сидоров И.В.) получен патент RU № 2258352 на многоярусную светоустановку [7]. Установка состоит из системы параллельных и изолированных друг от друга белыми или зеркальными лёгкими перегородками световых каналов, где по наклонным направляющим под углом не более 2° скатываются и выстраиваются в цепочку установленные на колёса растительные или минитеплицы. Освещение люминесцентными, энергосберегающими или светодиодными лампами, а для дезинфекции - ультрафиолетовые бактерицидные лампы. Отказ от жёсткой сцепки или фиксации между минитеплицами (трос, цепь,

конвейерная лента и т.д.) позволяет использовать на установке любые режимы функционирования каждого из световых каналов. В минитеплицах одного канала может возделываться любая культура с заданной освещённостью, продолжительностью светового дня и периода вегетации.

Опытный образец установки был изготовлен в Мещерском филиале ВНИИ-ГиМ для получения экспериментальных данных по выращиванию рассады картофеля после меристемного размножения в пробирках; рассады овощных культур; саженцев из черенков винограда; зелёного лука [11, 12]. На рисунке 1 - растильня с зелёным луком в световом канале фитодрома, на рисунке 2 - растильня с готовым урожаем.



Рисунок 1 - Растильня с зелёным луком в световом канале фитодрома



Рисунок 2 - Растильня с готовым урожаем

Средняя потребность человека в питании 3000 ккал в сутки. По расчётам на примере потенциального урожая пшеницы и использовании побочной биомассы (солома и остатки корней пшеницы) для производства гриба вешенки, являющегося источником пищевого белка, одному человека потребуется 0,42 м² световой площади в сутки или 42 м² за 100 дней вегетации, что в 333 раза меньше 1,4 га сельхозугодий, приходящихся на его долю в России.

Внедрение фитодрома позволит перенести большой биологический цикл круговорота углерода - растение → животное → человек → микроорганизмы → растение из окружающей среды в своё жилище или производственные помещения и снизить антропогенную нагрузку на природу.

Для повышения биопродуктивности фитодрома, а также очистки воздуха от углекислого газа и насыщения его кислородом, целесообразно размещение фитодрома около мест скопления людей и других биологических объектов.

Потребуется новые единицы измерения урожайности – выход продукции в килограммах с кубического метра используемого помещения за определённый период времени (сутки, неделю, месяц, год) – кг/м³·сутки; выход продукции (килограмм, грамм, грамм сухого вещества) на киловатт-час использованной электроэнергии - г/кВт·ч.

Работа по организации производства растениеводческой продукции в помещениях и под искусственным освещением на территориях, заведомо непригодных для традиционного растениеводства, может со временем стать новым, интересным и перспективным направлением мелиоративной науки.

Список использованных источников

1. Варламов В. Экологически чистая энергия. // Химия и жизнь, № 11, 1977 г. с. 30 – 35.
2. Добрачёв Ю. П., Нефёдов А. В., Кирилов В. Н. Экологические аспекты оптимизации экологических технологий // Модели и технологии оптимизации земледелия: материалы Международной конференции Курск, 2003. С. 265 – 268.
3. Ильинский А. В. Структура системы комплексного контроля за проведением мелиоративных мероприятий по реабилитации техногенно загрязнённых земель // Перспективы и проблемы размещения отходов производства и потребления в агросистемах: Материалы международной научно-практической конференции: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. 2014. С. 156 – 159.
4. Ильинский А. В. Очистка и детоксикация оподзолённых и выщелоченных чернозёмов, загрязнённых тяжёлыми металлами. Автореферат дисс. канд. с-х наук. ВНИИГиМ. М. 2003.
5. Каюмов М. К. Программирование продуктивности полевых культур: Справочник. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 368с.: ил.
6. Нефёдов А. В. Ресурсосберегающие и экологически безопасные режимы орошения многолетних трав в южной зоне Нечерноземья. Автореф. канд. с-х наук. Рязань 2001. 26 с.
7. Патент RU № 2258352. Многоярусная светоустановка для выращивания предбазисного оздоровленного семенного картофеля и другой сельскохозяйственной продукции. /В. Н. Сельмен, А. В. Поляков, П. И. Пыленок, И. В. Сидоров. Заявлено 04.07.2003. Опубликовано 20.08.2005. Бюл. № 23.
8. Поляков А. В. Биотехнология в селекции льна: Монография.- М. 2010. – 201 с.
9. Поляков А. В., Сельмен В. Н. Энергетический баланс, оценка возможности перехода сельхозпредприятий на биотопливо, пути решения проблемы //Альтернативный киловатт. 2010. № 5. С. 6-11.
10. Сельмен В. Н. Использование биотехнологий в мелиорации // Сборник научных трудов по овощеводству и бахчеводству (к 110 – летию Квасникова Б. В.), М.: 2009. С. 398 – 403.
11. Сельмен В. Н. Первый опыт использования фитодрома // Сборник научных трудов по овощеводству и бахчеводству к 80-летию ВНИИ овощеводства, М., 2011. С. 504 – 506.
12. Сельмен В. Н. Оценка возможности альтернативных технологий производства сельскохозяйственной продукции. // Комплексные мелиорации – основа повышения продуктивности

сельскохозяйственных земель. Мат. юбил. междунар. научной конференции. – М.: изд. ВНИИА, 2014. С. 431 – 435.

13. Сельмен В. Н. Фитодром в овощеводстве // Сборник научных трудов по овощеводству и бахчеводству (к 75 – летию Всероссийского НИИ овощеводства). Том II (Технология и земледелие), 2006. – с. 490 - 497.

14. Сельскохозяйственная биотехнология. Под ред. Шевелухи В. С. – М.: Высшая школа, 2003. – 472 с.

15. Яшин В. М., Кирейчева Л. В., Перегудов С. В., Евсенкин К. Н., Шилова Е. Ю. Повышение плодородия деградированных и малопродуктивных почв путём использования удобрительно-мелиорирующих смесей. - Мелиорация и водное хозяйство. № 5 – 6, 2014 г. С. 26 – 31.

УДК 63.633.2.03(57.04)

КЛАССИФИКАЦИЯ ПАСТБИЩ ПРИЭЛЬТОНЬЯ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ФИТОМЕЛИОРАТИВНОГО ОБУСТРОЙСТВА

С.С. Шинкаренко

ФГБНУ "ВНИИ агролесомелиоративный институт", г. Волгоград, Россия

Территория Приэльтонья представляет ценный природно-территориальный комплекс полупустынного зонального экотона [2], зональный тип растительности – типчаково-ковыльные и опустыненные степи [4]. Опыт земледельческого использования земель Приэльтонья показал несостоятельность этого вида сельского хозяйства. Мелиоративная вспашка и система полезащитных лесных полос не позволили достаточно эффективно бороться с засолением почв, а использование оросительных систем привело к вторичному засолению. Широкое распространение получило только животноводство, особенно овцеводство. Нерациональное использование пастбищ приводит к деградации растительности в результате превышения пастбищной емкости агроландшафтов [6]. По этой причине необходимо проведение пастбищевосстановительных работ. Определение территорий, на которых возможно и необходимо проведение фитомелиорации является неотъемлемой частью оценки пастбищных угодий и основной задачей фитомелиоративного картографирования пастбищ [1]. Использование геоинформационных технологий позволяет обратиться к ретроспективному анализу разновременных космических снимков для оценки динамики состояния пастбищной растительности, чтобы определить участки, деградированные в результате нерационального сельскохозяйственного использования, а не под влиянием климатических изменений, характерных для последних десятилетий.

Для оценки динамики растительности применялись методы автоматизированного дешифрирования космических снимков Landsat 5, 7, 8. Состояние растительности анализировалось по значениям индекса NDVI – нормализованного относительного вегетационного индекса, вычисляемого по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

где: NIR - отражение в ближней инфракрасной области спектра, RED - отражение в красной области спектра.

Сопоставление данных дистанционного зондирования и материалов наземных

исследований позволили установить связь между значениями проективного покрытия и продуктивности растительности со значениям и NDVI [7]. Используя эти зависимости, возможно перейти в анализе от показателя вегетационного индекса к значениям продуктивности и проективного покрытия.

Расчет значений NDVI и разработка тематических слоев их пространственного распределения за 1985-2014 гг. в геоинформационной системе позволили классифицировать пастбища Приэльтонья по степени сбитости. Предыдущие исследования показали, что динамика состояния растительного покрова в большей степени определяется гидротермическими условиями [5]. Поэтому для исключения влияния отдельных экстремальных по климатическим показателям лет (как засушливых, так и влажных) решено кроме зафиксированных на каждый год значений NDVI и рассчитанных на его основе продуктивности и проективного покрытия, использовать повторяемость деградированных состояний растительности.

В результате было получено распределение пастбищных угодий по степени деградации (рис. 1).

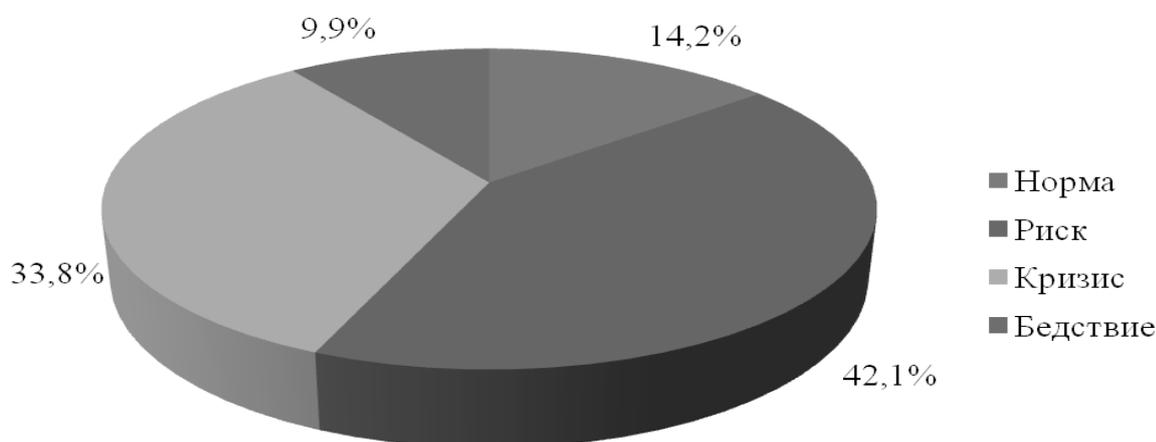


Рисунок 1 - Распределение пастбищ Приэльтонья по степени деградации

К несбитым и слабосбитым ("норма") относятся 14,2 % пастбищ, к среднесбитым ("риск") - 42,1 %, к сильносбитым ("кризис") - 33,8 %, к очень сильносбитым ("бедствие") - 9,9 %. Наиболее сбиты припоселковые пастбища, а также прилегающие к скотоводческим фермам участки. В отрицательных формах мезо- и микро-рельефа, напротив, растительность не подвержена деградации за счет лугово-каштановых почв, с близким уровнем залегания пресных грунтовых вод и дополнительным питанием за счет перераспределения атмосферных осадков.

В таких понижениях возможно создание древесно-кустарниковых насаждений (саванных, куртинно-колковых) и древесных зонтов. Конструкция насаждений и породный состав должны определяться исходя из лесомелиоративного районирования [1]. В таблице 1 приводится группировка пастбищ разных категорий деградаций по лесомелиоративным выделам. Различают несколько лесомелиоративных типов, категорий и выделов, которые отличаются по глубине залегания и минерализации грунтовых вод, устойчивости почвогрунтов против дефляционных процессов [3].

Разработанные картографические материалы позволяют эффективно регулиро-

вать пастбищные нагрузки и оптимизировать природопользование в Приэльтонском регионе. По картам распределения NDVI возможно точно определить участки, на которых необходимо снизить или увеличить пастбищные нагрузки, провести фитомелиорацию или другие пастбищевосстановительные мероприятия. Определены земли с оптимальными лесорастительными условиями для создания куртинно-колковых, саванных насаждений и древесных зонтов.

Таблица 1 – Группировка пастбищных угодий Приэльтонья различной степени деградации по лесомелиоративным выделам

| Состояние | Площади агроландшафтов по лесомелиоративным выделам, км ² | | | | |
|-----------|--|-------|--------|--------|--------|
| | IIб | IIв | IIг | IIIб | IIIв |
| Норма | 4,80 | 0,96 | 29,33 | 25,52 | 5,21 |
| Риск | 37,99 | 14,01 | 142,31 | 76,38 | 5,35 |
| Кризис | 61,76 | 26,51 | 143,78 | 77,62 | 5,42 |
| Бедствие | 13,68 | 4,33 | 36,84 | 27,72 | 2,87 |
| ИТОГО | 118,22 | 45,81 | 352,27 | 207,24 | 18,85 |
| | IIIг | IVа | IVб | IVв | IVг |
| Норма | 10,36 | 2,82 | 149,26 | 11,14 | 21,25 |
| Риск | 31,74 | 1,60 | 326,71 | 18,93 | 116,52 |
| Кризис | 40,96 | 1,10 | 152,20 | 11,46 | 98,67 |
| Бедствие | 24,88 | 0,46 | 35,38 | 3,39 | 32,10 |
| ИТОГО | 107,95 | 5,98 | 663,54 | 44,91 | 268,55 |

Литература

- Кулик, К. Н. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов / К. Н. Кулик. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. 248 с.
- Николаев, В.А. Прикаспийская полупустыня – региональный ландшафтный экотон / В.А. Николаев и др. // Информационный бюллетень РФФИ. Науки о Земле – 1996. - № 4.
- Рулев, А. С. Теоретические основы и методология агроресомелиорации деградированных ландшафтов: Автореф. дисс. д-ра с.-х. наук: 06.03.04 / Александр Сергеевич Рулев. Волгоград, 2002. 48 с.
- Сафронова, И.Н. Характеристика растительности Палласовского района Волгоградской области / И.Н. Сафронова // Биоразнообразие и проблемы природопользования в Приэльтонье: сб. науч. тр. I Отв. ред. В.Ф. Чернобай. Волгоград: ПринТерра, 2006. С. 5-9.
- Шинкаренко, С.С. Оценка факторов, определяющих динамику пастбищ Приэльтонья (Волгоградская область) / С.С. Шинкаренко, С.Н. Канищев // Степи Северной Евразии: материалы VII международного симпозиума. – Оренбург: ИС УрО РАН, Печатный дом «Димур», 2015. С. 949-952.
- Шинкаренко, С.С. Оценка влияния выпаса на ландшафты Приэльтонья / С.С. Шинкаренко // Научное обозрение. 2015. №14. С. 10-15.
- Шинкаренко, С.С. Фитомелиоративное картографирование пастбищ Волгоградского Заволжья на основе материалов спектральной космической съемки / С.С. Шинкаренко, С.Н. Канищев // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: материалы I Международной научно-практической Интернет-конференции. Солёное Займище, ФГБНУ «ПНИИАЗ», 2016. С. 420-426.

АДАПТАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

И.Ф. Юрченко

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

Эффективность информационного обеспечения правления водопользованием мелиоративного водохозяйственного комплекса (рис. 1) в большой мере зависит от использования диспетчерской службой автоматизированных информационных технологий [1-8]. Таким образом, разработка отделом Природоохранных и информационных технологий ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» системы компьютерных моделей для поддержки диспетчерских решений по управлению водораспределением на межхозяйственных оросительных системах является, безусловно, своевременной и актуальной.

Созданный программный комплекс представлен компьютерными моделями с функциями: формирования схемы водораспределения; подготовки фрагментов решений по планированию водораспределения и оперативному управлению водоподачей; контроля; информационной и технологической поддержки принятия управленческих решений и анализа водопользования и т.п. функциями водоподачи [9].

В настоящей работе характеризуются результаты исследований по адаптации указанных моделей, проверке возможности их промышленного функционирования, определения фактических (на текущий момент) технико-экономических показателей и соответствия нормативно-техническим требованиям системы водопользования в области мелиорации. Базой для проведения научных исследований стали Федеральные государственные учреждения по мелиорации и водоснабжению Департамента мелиорации Минсельхоза России (ФГБУ) и проектный институт Северо-Кавказского федерального округа (СКФО), которым подконтрольны вопросы обеспечения эффективности межсистемного водопользования [10].

Методика исследований - информационно-аналитический подход, включающий сбор, обобщение, структуризацию, анализ и синтез материалов нормативно-правовой и нормативно-методической базы, регулирующей вопросы опытно-производственной проверки информационных технологий в сфере мелиорации и сопредельных областях экономики.

Результаты и обсуждение. Комплекс компьютерных моделей водораспределения на межхозяйственных оросительных системах апробирован в условиях опытно-производственной проверки для решения актуальных задач водопользования на объектах эксплуатации следующих организаций мелиоративного водохозяйственного комплекса СКФО:

- модели оперативного планирования, контроля и учета реализованы для водораспределения на Кумских гидроузлах и Чограйском водохранилище, подведомственных ФГБУ «Управление эксплуатации Кумских гидроузлов и Чограйского водохранилища» Ставропольского края (ФГБУ «УЭКГиЧВ»), внедряющая организация ОАО «Севкавгипроводхоз», г. Пятигорск;

- модели сезонного планирования водораспределения по межреспубликанским каналам внедрены в ФГБУ «Управление эксплуатации межреспубликанских магистральных каналов» Кабардино-Балкарской республики (ФГБУ «УЭММК»), внедряющая организация ФГБУ «УЭММК», п. Джулат;

- модели планирования сезонного и оперативного водораспределения и управления водоподачей адаптированы в ФГБУ «Управление эксплуатации Терско-Кумского магистрального канала» в Республике Северная Осетия-Алания (ФГБУ «УЭТКГ»), внедряющая организация ФГБУ «УЭТКГ», г. Моздок.

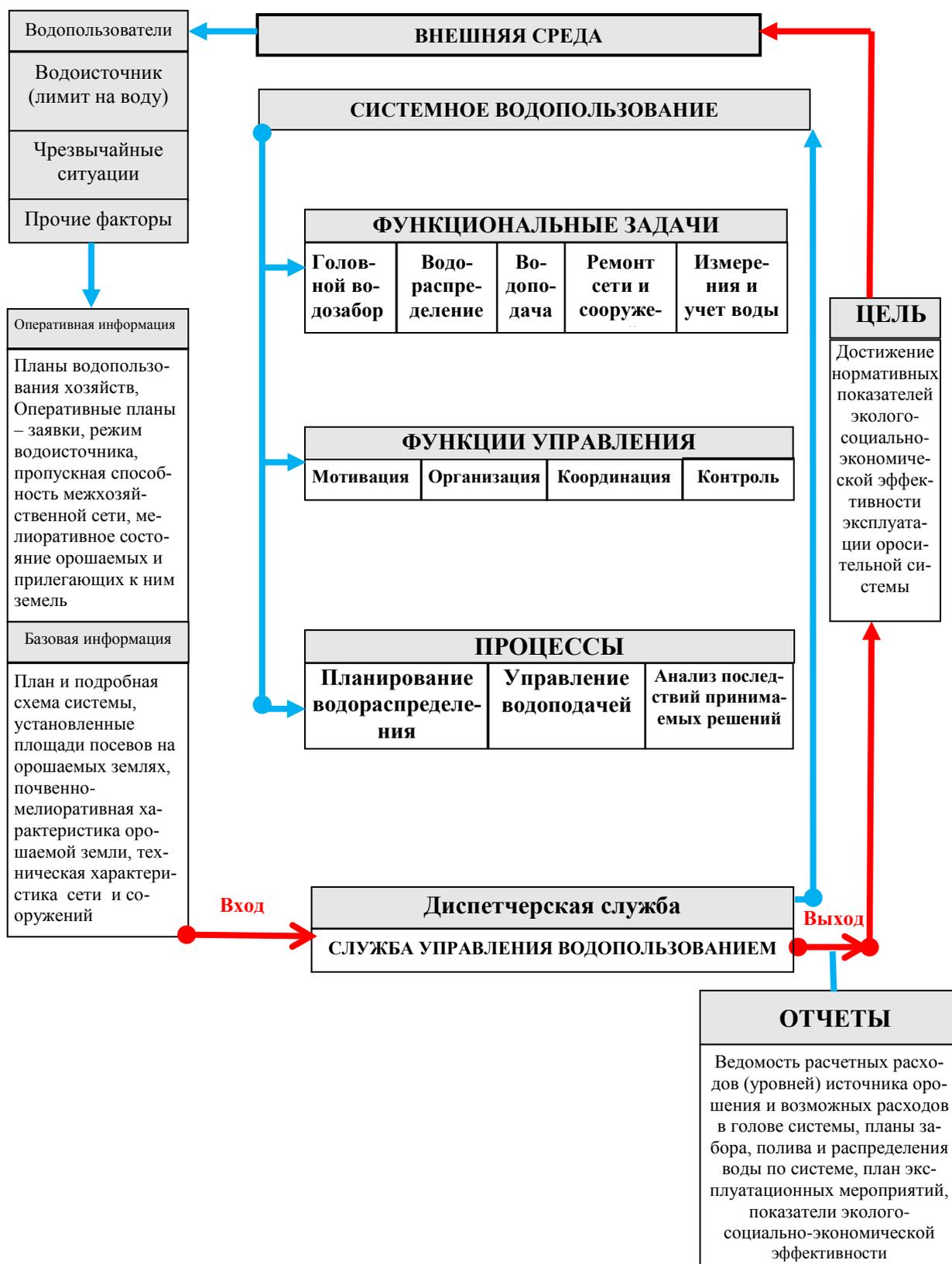


Рисунок 1 - Принципиальная схема диспетчерского управления водораспределением

Указанные объекты мелиоративного водохозяйственного комплекса обеспечивают межсистемное, межреспубликанское и межхозяйственное водораспределение и могут служить аналогами межхозяйственных оросительных систем. Выбор функциональных фрагментов управления водораспределением для апробации на конкретных мелиоративных объектах СКФО разработанного комплекса моделей определялся структурой решаемых задач водопользования на этом объекте и предпочтениями специалистов диспетчерской службы по объемам и очередности автоматизации задач водораспределения, а также уровнем психологической готовности специалистов конкретных межсистемных гидроузлов к работе с компьютерными моделями.

В составе НИР осуществлены:

- организационно-подготовительная стадия;
- опытное функционирование комплекса моделей в водохозяйственных организациях СКФО;
- оформление результатов опытного функционирования моделей водораспределения на межхозяйственных оросительных системах.

На организационно-подготовительной стадии проведены следующие основные работы:

- выбор объектов моделирования водораспределения в составе мелиоративно-водохозяйственного комплекса СКФО;
- сбор исходной информации для формирования базы данных моделей водораспределения;
- тестирование моделей водораспределения по данным о водопользовании эксплуатационной службы на объектах, выбранных для опытного функционирования моделей.

На стадии опытного функционирования моделей:

- создано организационно-техническое обеспечение использования моделей водораспределения на межхозяйственных оросительных системах в производственных условиях конкретных ФГБУ для определения работоспособности и количественных значений технико-экономических показателей моделей;
- осуществлена корректировка моделей с целью максимального учета требований пользователей, обусловленных специфическими особенностями эксплуатируемого объекта и/или предпочтениями конкретных специалистов;
- проведены консультации пользователей моделей и обучение персонала;
- выполнен контроль и оценка результатов опытного функционирования моделей, и другие работы, требующиеся для внедрения разработанного продукта в практику водохозяйственных организаций сферы мелиорации.

Результаты опытного функционирования комплекса моделей водораспределения на межхозяйственных оросительных системах для конкретных водохозяйственных мелиоративных объектов оформлены протоколами опытного функционирования и актами приемки модели в промышленное функционирование.

Ключевым звеном апробации комплекса моделей водораспределения для Кумских гидроузлов и Чограйского водохранилища, осуществленного в ОАО «Севкавгипроводхоз», стало формирование схемы водораспределения, основывающееся на расположении ГТС–водовыделов ФГБУ «УЭТКГ и ЧВ» в плане. Моделирование схемы водораспределения выполнено в автоматизированном режиме в процессе настройки комплекса моделей водораспределения на условия функцио-

нирования в рамках конкретного мелиоративного водохозяйственного объекта, с помощью специально разработанных таблиц.

При адаптации базового комплекса моделей водораспределения на межхозяйственных оросительных системах к реальным условиям системы водопользования на гидроузлах, подведомственным ФГБУ «УЭКГиЧВ», проверены следующие режимы реализации модели:

- планирование системной водоподачи за вегетационный период, декаду, сутки;
- контроль уровней воды, расходов и объемов водоподачи в гидроузлах и т.д.;
- представление рядов наблюдений за параметрами водораспределения текущего периода и/или анализ постсезонной ситуации.

В результате проведения научно-исследовательских и пуско-наладочных работ установлено, что внедрение комплекса компьютерных моделей водораспределения на межхозяйственных оросительных системах в практику диспетчерской службы ФГБУ «УЭТКГи ЧВ», обеспечивая наличие своевременной и надежной информации, повышает эффективность водопользования орошаемых сельскохозяйственных угодий на общей площади 65,326 тыс. га.

В ходе проверки комплекса моделей водораспределения в ФГБУ «УЭММК» апробированы следующие режимы автоматизации планирования водораспределения:

- формирование схемы водораспределения по межреспубликанским магистральным каналам оросительных систем, подведомственным ФГБУ «УЭММК»;
- создание базы данных для моделей хозяйственных планов;
- планирование подекадно сезонного системного водопользования;
- подготовка отчетов.

Полученные по результатам производственной проверки комплекса моделей отчеты по вводу исходных данных и планированию сезонного водораспределения сверены с материалами ФГБУ «УЭММК», подготовленными по традиционной технологии, предусматривающей сбор, обработку информации и выполнение вычислений вручную. Анализ показал, что отчеты по вводу данных и планированию водораспределения по результатам моделирования полностью совпадают с материалами традиционной технологии, принятой в ФГБУ «УЭММК».

Разработанный ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» комплекс компьютерных моделей водопользования на межхозяйственных оросительных системах характеризуется максимальной гибкостью в вопросе интеграции на совершенно различных по географическому расположению и заведенному порядку функционирования ГТС оросительных систем. Это позволило в процессе адаптации указанного комплекса моделей к условиям эксплуатации мелиоративных объектов ФГБУ «УЭТКГ»:

- осуществить формирование схемы межхозяйственного (межсистемного) водопользования и водоподачи, а также мониторинг ГТС оросительного комплекса в части учета специфики структуры и изменения параметров элементов водохозяйственной сети;
- создать базу данных хозяйственных планов и реализовать автоматизацию процедуры планирования системного водопользования (сезонного и декадного);
- обеспечить регистрацию поступающих заявок на декадную и суточную водоподачу;

- организовать автоматизированное ведение учета фактического водозабора по отводам и каналам;
- выполнить моделирование различных вариантов водораспределения между участниками водопользования при различных вариантах заявок и объемах подачи воды в систему для сезонного и декадного планирования, а также для оперативной корректировки режимов водоподачи;
- учредить подготовку отчетных и производственных документов, дифференцированных по дням планового периода, водопотребителям и водоисточникам.

Схема водовыделов межсистемного водораспределения формировалась на основе картографического сервиса, что позволяет визуализировать выработанные решения на карте, отображающей местоположение ГТС, подведомственного ФГБУ «Управление эксплуатации Терско-Кумского магистрального канала» (рис. 2).

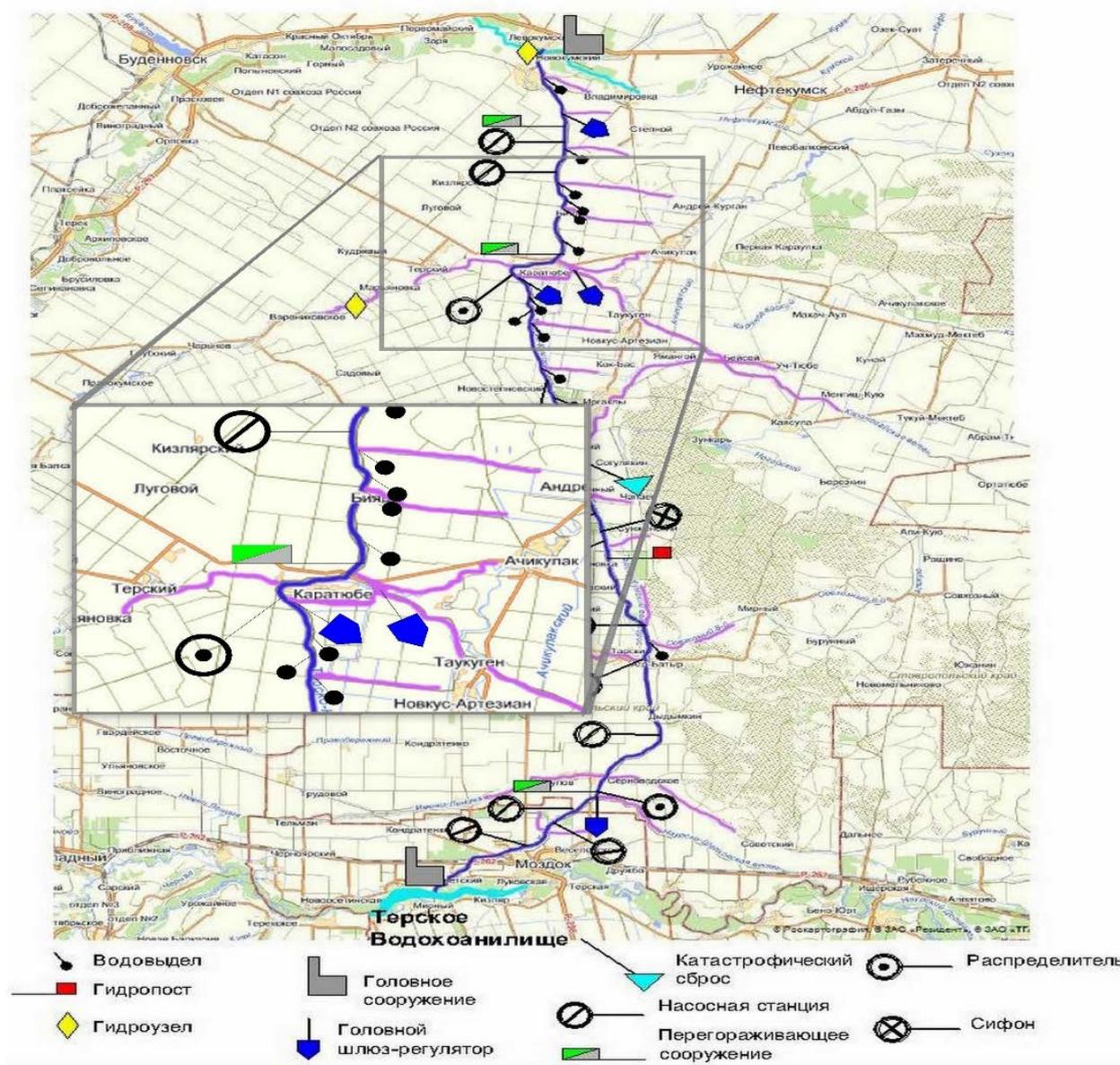


Рисунок 2 - Схема водовыделов межсистемного водораспределения на Терско-Кумском гидроузле

Исходными данными для решения задачи планирования сезонной водоподачи служили заявки от водопотребителей и водопользователей. Корректировка заявок водопользователей в зависимости от водообеспеченности оросительной системы осуществлялась автоматически согласно принципу равноправности планируемой сезонной водоподачи в систему.

Эффективное управление водопользованием требует знания фактической ситуации с лимитами на воду и потребностью в воде хозяйствующих субъектов в конкретные периоды поливного сезона, что достигалось корректировкой сезонного плана водопотребления путем внутри сезонного декадного планирования. Процедуры декадного планирования включали:

- формирование в течение поливного сезона декадных заявок на воду;
- планирование транзитов и сбросов воды;
- установление режимов источников воды;
- расчет требований на воду по каждому водовыделу и хозяйствующему субъекту;
- передачу данных декадного плана на пункты водовыдела и хозяйствующим субъектам.

Сводная ведомость декадной водоподачи по системе формировалась автоматически согласно заявкам водопотребителей. Оперативная корректировка суточного водораспределения выполнялась автоматизированно с использованием специально разработанной формы. Сформированные в составе программного комплекса запросы позволили работать с данными всех хозяйствующих субъектов.

В процессе опытно-производственного функционирования в ФГБУ «УЭКТГ» комплекса моделей водопотребления получены:

- данные о потребности в воде и планируемой водоподаче по каждому водовыделу хозяйства-потребителя, по хозяйствам-водопотребителям;
- план водозабора из источника орошения и годовой план подачи воды хозяйствам, согласованный с режимом источника орошения, подтвердившие возможность использовать испытываемый комплекс моделей в практике эксплуатационной деятельности ФГБУ «УЭКТГ».

Заключение

По результатам адаптации моделей водораспределения на межхозяйственных оросительных системах в СКФО в целом:

- выявлена адекватность разработанных моделей требованиям действующей нормативно-правовой базы для функционирующих водохозяйственных комплексов сферы мелиорации;
- установлена фактическая возможность получения по результатам моделирования всех нормативно-директивных, оперативных и стратегических показателей водораспределения, использующихся в практике водопользования на гидроузлах СКФО в соответствии с эксплуатационной документацией;
- определены правомочность структуры, полнота и релевантность информации базы данных для моделирования водораспределения на межхозяйственных мелиоративных ГТС;
- получены количественные значения технико-экономических показателей разработанного комплекса моделей на данном этапе и в данных условиях;
- отработано усвоение пользователем процедур моделирования водораспределения на межсистемных гидроузлах.

Использование компьютерной модели водораспределения на межхозяйственных оросительных системах на объектах мелиоративного водохозяйственного комплекса Северо-Кавказского федерального округа позволит:

- увеличить коэффициент полезного использования воды за счет снижения непроизводительных трат на сбросы, на 0,15-0,20;

- получить обусловленную экономией водных ресурсов дополнительную продукцию до 5,2 ц зерновых единиц на гектар (от 31,66 тыс. т до 71,54 тыс. т зерновых единиц общего объема), что составляет в денежном исчислении 5,44 тыс. руб./га в год;

- повысить уровень автоматизации труда от 20 % до 30 %;

- обеспечить рост производительности труда от 25 % до 30 %.

Список использованных источников

1. Федеральный закон Российской Федерации от 27 июля 2006 г. N 149-ФЗ (в редакции от 13 июля 2015 г.) "Об информации, информационных технологиях и о защите информации". - 22 с.

2. Козенко, З. Н. Поддержка принятия управленческих решений. Информационное и инструментальное обеспечения / А. Ф. Рогачев, А. Л. Нахшунов, И. А. Карапузов. - Волгоград, 2001. - с. 223.

3. Григорьев, Л. И. Диспетчерское управление трубопроводным транспортом газа: состояние, проблемы, перспективы / Л. И. Григорьев // Нефть и газ: сб. материалов 1 межд. научн.-техн. конф. - М., 2002. - С. 28-32.

4. Меденников, В. И. Веб-интеграционные технологии развития информатизации сельского хозяйства / В. И. Меденников // Никоновские чтения. - 2010. - № 15. - С. 25-28.

5. Бегимов, И. Автоматизация каналов Ферганской долины. Итоги работ по проекту / И. Бегимов. – Ташкент, 2010. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sic.icwc-aral.uz>.

6. Ольгаренко, И. В. Программное обеспечение процесса планирования водопользования на оросительных системах / И. В. Ольгаренко, И. В. Селюков // Природообустройство. - 2011. - № 4. - С. 38-40.

7. Кульгавюк, А. В. Система поддержки принятия решений при оперативном диспетчерском управлении оросительными системами / А. В. Кульгавюк // Природообустройство. - 2012. - №1. - С. 36-39.

8. Юрченко, И. Ф. О критериях и методах контроля безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. - Вып. 53. - С. 158-165.

9. Юрченко, И. Ф. Совершенствование оперативного управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. - Вып. 53. - С. 166-170.

10. Трунин, В. В. Совершенствование диспетчерского управления межсистемным водораспределением в Северо – Кавказском Федеральном округе / В. В. Трунин, А. К. Носов // Результаты научных исследований: сб. ст. Межд. науч.- практич. конф. (5 октября 2015г., г. Екатеринбург) / в 2 ч. Ч. 1 - Уфа: Аэтерна, 2015. - С. 84-89.

СОДЕРЖАНИЕ

| | стр. |
|--|------------|
| <i>ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ</i> | |
| Апатенко А.С. ЭТАПЫ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ И МЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИН В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ | 3 |
| Бедретдинов Г.Х., Цветков И.В., Насонов А.Н., Жогин И.М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ НА ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ ФРАКТАЛЬНЫМ МЕТОДОМ | 7 |
| Добрынин А.А., Добрынин И.А. ВЗРЫВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕЛИОРАТИВНОМ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ | 11 |
| Ефремов А.Н. МОДЕРНИЗИРОВАННЫЕ ПЛАНИРОВЩИКИ С НОВОЙ АППАРАТУРОЙ ДЛЯ СЪЕМКИ И ПЛАНИРОВКИ РИСОВЫХ ЧЕКОВ | 17 |
| Ильин И.В. ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА НАЛИПАНИЯ ГРУНТА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ КОПАНИЮ ОТВАЛА БУЛЬДОЗЕРА | 21 |
| Леонтьев Ю.П., Макаров А.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РЫХЛЕНИЮ ГРУНТА ОБЪЁМНЫМ РЫХЛИТЕЛЕМ | 26 |
| Мартынова Н.Б., Ильин И.В. МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С ЗАОХРИВАНИЕМ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБ | 29 |
| Насонов С.Ю., Ревин Ю.Г. ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЫБОРОЧНОГО ВЫРАВНИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ РИСОВОГО ЧЕКА | 32 |
| Палкин Н.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМЕННО - АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ГЛУБОКОГО РАЗРЫХЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ПОЧВ | 34 |
| Пунинский В.С., Бедретдинов Г.Х. ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИН ДЛЯ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ | 37 |
| Ревин Ю.Г. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕНОУКЛАДЧИКА | 45 |
| Теловов Н.К. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РЫХЛЕНИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО РЫХЛИТЕЛЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ | 510 |
| | 327 |

| | |
|---|-----|
| Шевченко В.А, Соловьев А.М. ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ КУКУРУЗЫ В РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЯХ | 54 |
| Яковлев А.А., Саркынов Е.С., Кайпбаев Е.Т. ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПНЕВМОВАКУУМНОЙ (ЭРЛИФТНОЙ) НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ | 57 |
| <i>ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ</i> | |
| Айзель Г.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ СУТОЧНОЙ ДИНАМИКИ РЕЧНОГО СТОКА МАЛОГО ВОДОСБОРА ЗОНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕ- МЕРЗЛЫХ ПОРОД МЕТОДОМ РЕГРЕССИИ РЕШАЮЩИХ ДЕРЕВЬЕВ | 62 |
| Альжигитова М.М, Заппаров М.Р., Джумабаев С.М, Кашибаева А.Т. ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ И РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА | 64 |
| Анзельм К.А., Эсанбеков М.Ю. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ГРУНТОВЫХ ВОД НА МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ | 67 |
| Барабанов А.Т. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ВЕСЕННЕГО ПАВОДКА В ВОЛЖСКО- КАМСКОМ БАССЕЙНЕ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОТОЧНОГО ПРОГНОЗА ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТАЛЫХ ВОД | 69 |
| Безбородов Ю.Г., Безбородов А.Г., Безбородов Г.А. ПОТЕРИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ НА ИСПАРИЕНИЕ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ АРИДНОЙ ЗОНЫ | 73 |
| Брайнин А.Л., Бубер А.Л., Комаровский А.А. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСЧЁТОВ КОМПЛЕКСА «ОЗ. БАЙКАЛ - ИРКУТСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ» | 77 |
| Бубер А.А. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАПАДНЫХ ПОДСТЕПНЫХ ИЛЬМЕНЕЙ | 84 |
| Бубер А.А., Лурье М.В. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЛИВНЫХ ЛУГОВ ВОЛГО- АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ | 88 |
| Вердыш М.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ В КАХОВСКОМ МАГИСТРАЛЬНОМ КАНАЛЕ | 94 |
| Дедова Э.Б., Сазанов М.А. ПРИЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ЛИМАННЫХ АГРОМЕЛИОЛАНДШАФТОВ КАЛМЫКИИ | 100 |

| | |
|---|-----|
| Добрачев Ю.П. ОРОШЕНИЕ - ИСПЫТАННОЕ СРЕДСТВО ПРОТИВОСТОЯНИЯ ЗАСУХАМ И ГРЯДУЩЕМУ ПОТЕПЛЕНИЮ КЛИМАТА | 103 |
| Евсенкин К.Н., Перегудов С.В., Нефедов А.В., Иванникова Н.А. ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРИТЕЛЬНОГО МЕЛИОРАНТА И ПОДПОЧВЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ОДНОЛЕТНИХ ТРАВ | 108 |
| Есполов Т.И., Калыбекова Е.М. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА КАЗАХСТАНА | 3 |
| Ешмаханов М.К., Мустафаев Ж.С., Турсынбаев Н.А. ОЦЕНКА ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОДОСБОРОВ БАСЕЙНА РЕКИ ТАЛАС | 116 |
| Заппаров М.Р., Жапбасбаева А.М. ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ ХОЗЯЙСТВЕННО- ПИТЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН .. | 121 |
| Захаров Р.Ю., Волкова Н.Е. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ РЕЗКОГО ИЗМЕНЕНИЯ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ | 128 |
| Зулпыхаров Б.А., Мустафаев Ж.С., Саркынов Е.С. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗЕРА БАЛХАШ | 133 |
| Ибатуллин С.Р., Мустафаев Ж.С., Абдикеримов С.А. УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ НАВОДНЕНИЙ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬЯ | 137 |
| Икромов И.И., Мирзоев М.М. ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ОРОШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ ВАХШСКОЙ ДОЛИНЫ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА | 141 |
| Ильинский А.В., Побединская Г.В., Игнатенок В.А. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОНИТОРИНГА МЕЛИОРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТА «ТИНКИ-2» РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ | 144 |
| Инишева Л.И., Порохина Е.В., Добровольская Т.Г., Головченко А.В., Сергеева М.А., Кобак К.И. РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ СТАЦИОНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕЖИМОВ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ | 149 |
| Карпенко Н.П. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ИХ УЯЗВИМОСТИ В БАСЕЙНАХ МАЛЫХ РЕК МОСКОВСКОГО РЕГИОНА | 154 |

| | |
|--|------------|
| Кашибаева А.Т., Заппаров М.Р. ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ИНКАЙ» В ЮЖНО- КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ | 159 |
| Козыкеева А.Т., Саркаева З.Ф. ИЗМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ РЕКИ СЫРДАРЬИ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ | 162 |
| Койбагарова К.Б., Мустафаев К.Ж. ОЦЕНКА «ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА» ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СИСТЕМЫ КАЗАХСТАНА | 166 |
| Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И. ЭРОЗИЯ СКЛОНОВ - ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ РЕК | 171 |
| Корженевский Б.И., Коломийцев Н.В., Ильина Т.А., Гетьман Е.Н. ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ УГЛИЧСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА | 177 |
| Кротов Р.Б., Добрачев Ю.П. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ | 184 |
| Лапина И.А., Териков А.С., Хецуриани Т.Е., Хецуриани Е.Д., Щукин С.А. ФИЛЬТРУЮЩИЕ РЫБОЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И УСТРОЙСТВА | 188 |
| Ли М.А., Ибраев Т.Т. ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И СТИХИЙНЫЕ БЕДСТВИЯ В ВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ КАЗАХСТАНА | 190 |
| Лицкевич А.Н., Гулькович М.В., Черничко О.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСАДКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД РЫБО- И МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УДОБРЕНИЙ | 194 |
| Макарычева Е.А. О ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ НЕНАСЫЩЕННЫХ ПОРОД | 199 |
| Маркин В.Н., Шабанов В.В. ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ | 204 |
| Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. АРАЛ И БАЛХАШ: ЗОНЫ РЕАЛЬНОГО И ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ВОДНОГО КРИЗИСА | 207 209 |
| Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Жанымхан К. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОСОБЕННОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДОСБОРОВ БАССЕЙНА РЕКИ КАРАТАЛ | 212 |
| Нарбаев Т.И., Есполов Т.И., Исмаилова Г.К., Нарбаева К.Т., Онласын У. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕЧНОЙ СЕТИ КАЗАХСТАНА | 217 |

| | |
|--|-----|
| Нусипбеков М.Ж., Зубаиров О.З., Есполов Т.И., Ануарбеков К.К. УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ СЫРДАРЬИ | 220 |
| Павлов В.Ю. ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ (ОМУ) ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ НА ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ | 224 |
| Петроченко А.В. СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУППЫ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ УСТАНОВОК ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ И ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ | 227 |
| Позднякова А.Д., Бородкина Р.А., Мусекаев Д.А., Михеева Т.В. ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В КОМПОНЕНТАХ МЕЛИОРАТИВНОЙ СЕТИ ЯХРОМСКОЙ ПОЙМЫ | 232 |
| Пронько Н.А., Фалькович А.С. СОХРАНЕНИЕ ПРИРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОЛАНДШАФТОВ САРАТОВСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ОРОШЕНИИ | 234 |
| Рабинович Г.Ю., Поздняков Л.А., Дуброва М.С. ДЕГРАДАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОСУШЕННЫХ НИЗИННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ ЯХРОМСКОЙ ПОЙМЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ | 239 |
| Рябцев А.Д., Бекниязов М.К. ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В РЕЧНЫХ БАССЕЙНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ... | 243 |
| Сазанов М.А., Дедова Э.Б., Очиров В.В., Плешакова И.Г. ЗОНАЛЬНАЯ ШКАЛА КЛАССИФИКАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ ДЛЯ НУЖД АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ | 247 |
| Сечкова Н. А., Оболдина Г. А., Попов А. Н. МЕТОД ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ИСТОЩЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ | 252 |
| Толкачѳв Г.Ю. ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМ СУЩЕСТВОВАНИЯ ТЯЖѳЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РАЗЛИЧНЫХ РАЙОНОВ ОДНОЙ ВОДНОЙ СИСТЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ р. ВОЛГА) | 257 |
| Хецуриани Е.Д., Лапина И.А., Териков А.С., Т.Е. Хецуриани, Д.И. Зершиков ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ПРИРОДНУЮ ВОДУ | 261 |
| Церен-Убушиева Д.В., Сангаджиева Л.Х. ДИНАМИКА ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК САРПИНСКОЙ ВОДНОЙ СИСТЕМЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ | 264 |

| | |
|---|-----|
| Шабанов В.В., Маркин В.Н. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ | 268 |
| Щукин С.А., Лапина И.А., Териков А.С., Хецуриани Е.Д., Хецуриани Т.Е. МЕТОДЫ ДЕЗИНФЕКЦИИ В УСТАНОВКЕ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ РАЗВЕДЕНИИ ГИДРОБИОНТОВ | 272 |
| Яромский В.Н., Басалай Е.Н. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ НА ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК | 275 |

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕЛИОРАЦИИ

| | |
|--|-----|
| Алексеев В.В. ЭКСПРЕСС МЕТОД РАСЧЕТА ПРОФИЛЕЙ УВЛАЖНЕНИЯ ПРИ ДОЖДЕВАНИИ И КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ | 278 |
| Бородычев В.В., Лытов М.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОНИТОРИНГОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ГМС ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ АВТОМАТИЗАЦИИ | 282 |
| Гриценко Н.В. ОЦЕНКА РИСКОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ | 287 |
| Иманалиев Т.К., Карлыханов О.К. К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН | 291 |
| Куприянов И.В., Овчинникова Е.В. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛОЖЕНИЙ НА ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА | 294 |
| Наумова Т.В., Пикалова И.Ф. МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА РЕЖИМА РАБОТЫ НИЗКОНАПОРНЫХ ВОДОЗАБОРНЫХ ГИДРОУЗЛОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ | 297 |
| Ольгаренко Г.В., Угрюмова А.А. ОЦЕНКА КОМПЕТЕНЦИЙ И ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ БЮДЖЕТНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ | 302 |
| Позднякова А.Д., Поздняков Л.А., Анциферова О.Н. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТОРФОЗЕМОВ | 305 |
| Пронько Н.А., Корсак В.В. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ПЛОДОРОДИЕМ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЕ | 308 |

| | |
|--|-----|
| Сельмен В.Н., Родькина В.Н., Ершова Г.И. ФИТОДРОМ | 312 |
| Шинкаренко С.С. КЛАССИФИКАЦИЯ ПАСТБИЩ ПРИЭЛЬТОНЬЯ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ФИТОМЕЛИОРАТИВНОГО ОБУСТРОЙСТВА | 317 |
| Юрченко И.Ф. АДАПТАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ | 320 |
| СОДЕРЖАНИЕ | 327 |

