

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

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

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

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

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

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

УДК 631.6

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Список использованных источников

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

2. Шевченко, В.А., Исаева, С. Д. Совершенствование мониторинга мелиорированных сельскохозяйственных земель [Текст] /В.А. Шевченко, С.Д. Исаева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2018 -№ 2 (50), С.72-78
3. Методические рекомендации по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель М., ВНИИГиМ. - 1982.-108 с.
4. Макарычева, Е.А. Теория фильтрации, основные закономерности и их использование при решении задач мелиорации [Текст]/ Е.А. Макарычева// Основные результаты научных исследований института за 2018 год. Сб. научн. тр. -М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019, с. 204-208
5. Парфенова, Н.И. Энергия химических связей веществ и ее роль в формировании экологической устойчивости агроландшафтов. [Текст] /Н.И.Парфенова/. М .: Изд. Россельхозакадемия.-2007.-125 с.
6. Овчинникова, Е.В., Стрижников, О.А. Методы и технологии повышения качества коллекторно-дренажного стока гидромелиоративных систем [Текст] / Е.В. Овчинникова, О.А. Стрижников // Основные результаты научных исследований института за 2018 год. Сб. научн. тр. -М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019, с.196-201
7. Наумова, Т.В., Пикалова, И.Ф. Мониторинг и оценка режима работ низконапорных водозаборных гидроузлов оросительных систем. [Текст]/ Т.В. Наумова, И.Ф. Пикалова //Международная научно-практическая конференция: «Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения» Москва, 29-30 марта 2016 г. Москва Изд. ВНИИА. - Том II, стр. 301-305
8. Бондарик, И.Г. Анализ математических моделей по развитию экосистемного водопользования. [Текст]/ И.Г. Бондарик// Основные результаты научных исследований института за 2018 год. Сб. научн. тр. -М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019, с.16-29
9. Куприянов, И.В., Овчинникова, Е.В. Экономическая эффективность вложений на предотвращение экологического ущерба. [Текст] / И.В. Куприянов, Е.В. Овчинникова //Международная научно-практическая конференция: «Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения» (Костяковские чтения). Москва, 29-30 марта 2016 г. Том II, стр. 298-301.
10. Дедова, Э.Б., Дедов, А.А., Иванова, В.И., Манджиева, Т.Н. Проблемы водопользования и функционирования водохозяйственного комплекса Республики Калмыкия. / Э.Б. Дедова, А.А. Дедов, В.И. Иванова, Т.Н. Манджиева // Основные результаты научных исследований института за 2018 год. Сб. научн. тр. -М.: Изд. ВНИИГиМ, 2019, с.64-73
11. Кизяев, Б.М., Исаева, С.Д. Водообеспеченность Российской Федерации в условиях глобального потепления климата. [Текст] / Б.М. Кизяев, С.Д. Исаева / Вестник Российской академии наук. 2016.-Т.86.-№ 10-С.909-914

УДК 502/504:551.585

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

Г.Х. Исмайлов, Н.В. Муращенкова

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

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