

УДК 502/504: 631.6

Л.В. КИРЕЙЧЕВА

Государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (ВНИИГиМ), г. Москва, Российская Федерация

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ СОВЕРШЕННЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Тенденция ухудшения состояния мелиорируемых земель и развитие деградационных процессов определяют необходимость снижения антропогенной нагрузки на агроландшафт при проведении мелиоративной деятельности. Сформулированы экологические принципы создания совершенных мелиоративных систем, обеспечивающих целенаправленное управляемое сопряжение природных процессов, формирующихся в результате мелиоративной деятельности при сбалансированности потоков веществ и энергии в мелиорируемом объекте. Выделены следующие основные принципы: принцип преобразования природного объекта, адаптации, многофункциональности, лабильности и замкнутости круговорота, применение которых позволит обеспечить существенное снижение мелиоративной нагрузки на агроландшафт. Установлено, что при высокой продуктивности сельскохозяйственных угодий возможно снижение экологической устойчивости агроландшафта, что требует введения ограничений. Выявлена функциональная связь между продуктивностью сельскохозяйственных угодий и экологически безопасным продукционным потенциалом мелиорированных земель. Большое значение приобретает принцип адаптации мелиоративной системы к природным условиям: адаптация при сохранении квазистационарного состояния природной системы или ее перевод на более высокий энергетический уровень. Принципы многофункциональности, лабильности и замкнутости круговорота воды и органических веществ обеспечивают, помимо снижения нагрузки, существенную экономию материальных, водных и энергетических ресурсов при повышении урожайности сельскохозяйственных культур.

Экологические принципы, мелиоративная система, орошение, осушение, агроландшафт, продукционный потенциал

Введение. Анализ развития мелиорации и существующего состояния мелиоративных систем и мелиорируемых земель наглядно показал несовместимость технократической идеологии мелиоративной деятельности и нового экологически ориентированного подхода к созданию и управлению мелиоративными системами [1]. Основной стратегической целью комплексной мелиорации становятся, помимо повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий и устойчивости геосистемы, оздоровление ландшафта, создание условий для его развития, активизация процессов самоочищения; энерго- и ресурсосбережение. Мелиорация земель сельскохозяйственного назначения направлена на максимально возможное использование природно-ресурсного потенциала агроландшафта при соблюдении требований к его экологической устойчивости и безопасности [2]. Теория создания мелиоративных систем должна базироваться на новых экологических принципах.

Материал и методы. Под влиянием мелиоративной деятельности происходит

трансформация природных ландшафтов за счет использования материальных, энергетических и информационных возможностей окружающей среды, что сопряжено с изменением структуры балансов, почвенного покрова и, как следствие, снижением экологического потенциала. Чтобы эти изменения не привели к существенному нарушению гомеостаза биосферы и потери устойчивости агроландшафта предложены принципы создания безопасных мелиоративных систем. Они базируются на законах термодинамики, сохранения энергии, вещества и информации, внутреннего динамического равновесия, географической зональности, а также на правилах меры преобразования природной среды и принципах экологической конгруэнтности и включают: принцип преобразования природного объекта, адаптации, многофункциональности, лабильности и замкнутости круговорота, что должно обеспечить существенное снижение мелиоративной нагрузки на агроландшафт.

Результаты и обсуждение. Принцип целенаправленного преобразования

природного объекта вытекает из правила меры преобразования природной среды. Создание мелиоративной системы направлено на коренное улучшение естественного состояния природного объекта с целью такого повышения продуктивности мелиорируемых сельскохозяйственных угодий, при котором у природного объекта не нарушается свойство саморегуляции. Это обеспечивается **введением** ограничения на максимальную продуктивность мелиорируемых земель. Нами установлена связь между продуктивностью сельскохозяйственных угодий (P_E) и экологически безопасной продуктивностью мелиорируемых земель (P), обеспечивающая устойчивость агроландшафта, которая аппроксимируется степенной функцией: $P_E = \kappa P^n$, где при существующей агротехнологии значение коэффициента κ равно 6,3, а значение n составляет 0,32. По приведенной зависимости можно оценить продукционный потенциал, который достигается на мелиорируемых землях.

Как известно, мелиоративная деятельность направлена на формирование компенсационного водного баланса, при котором приходные статьи (осадки, поверхностный и подземный приток и т.д.) компенсируются расходными статьями (эвапотранспирация, инфильтрация, отток поверхностных и подземных вод). Восполнить разницу при недостаточном климатическом увлажнении между испаряемостью и эвапотранспирацией возможно перераспределением поверхностного или подземного стока путем создания оросительных систем. При избыточной климатической увлажненности требуется частичный отвод водных ресурсов за пределы осваиваемого территориального комплекса путем регулирования поверхностного стока и устройства дренажа. В качестве интегрального показателя экологической трансформации водного баланса (I) мелиоративно-освоенной территории можно принять отношение требуемой водообеспеченности (B_{mp}) для мелиорируемых земель к фактической климатической увлажненности ($Y_{ест.}$), т.е.: $I = B_{mp} / Y_{ест.}$

Из анализа значений интегрального показателя – I вытекает, что для повышения продуктивности агроландшафта, при значении показателя $I > 1$, требуется создание оросительной системы; при $I < 1$ – необходимо создание осушительной системы; а в случае, если I отклоняется от единицы в ту или дру-

гую сторону не более чем на 25%, потребуются системы двойного регулирования влажности почвы или оросительно-осушительные системы.

Принцип адаптации. При создании мелиоративных систем необходимо согласовывать ее параметры с существующей структурно-функциональной организацией агроландшафта путем встраивания антропогенных процессов в общую структуру биотических и абиотических процессов природного объекта, что можно считать постулатом коэволюционной концепции устойчивого развития [3]. Этот принцип предполагает активацию агроландшафта или перевод на новое энергетическое состояние, при котором изменяются его основные результирующие: продуктивность и устойчивость [4]. Новое состояние требует вложения дополнительной ежегодной энергии на поддержание функционирования системы в новом состоянии. В этом отличие комплексной мелиорации от адаптивного земледелия, которое направлено на мобилизацию естественного потенциала возделываемых земель при сохранении его квазистационарного состояния.

Например, контурно-мелиоративная организация территории, учитывающая почвенные и рельефные особенности земельного массива сохраняет квазистационарное состояние системы. Гидротехнические сооружения размещают по контуру рельефа или с небольшим отклонением от него. В основе контурно-мелиоративной организации территории лежит единая водорегулирующая сеть линейных рубежей, строго увязанных с рельефом местности. В таких системах природный объект не переводится на новое энергетическое состояние, а адаптируется к существующим условиям. Другим примером может служить концепция оазисного орошения на базе местного стока или подземных вод. Создание и функционирование мелиоративной системы оазисного типа, например, для условий Калмыкии кардинально изменяет водный баланс и природные процессы за счет использования подземных вод или других источников воды на орошение [5]. Происходит перестройка естественной природной системы и ее перевод на новый уровень энергетического состояния. Тем не менее, и здесь имеется возможность быстрой адаптации системы к природному объекту, так как оазисное орошение обладает следую-

щими преимуществами: возможность строгого соблюдения экологических ограничений и мелиоративного режима, что позволит свести к минимуму негативные последствия; в случае подъема грунтовых вод их быстрая сработка за счет «сухого» дренажа в мелиоративный период.

Принцип многофункциональности. Основное предназначение гидромелиоративных систем – водоподача, водораспределение внутри системы и водоотведение за ее пределы. Однако для получения высоких и устойчивых урожаев требуется активное воздействие на факторы роста и развития сельскохозяйственных растений для поддержания благоприятных режимов в течение всего периода вегетации. Такое воздействие не может быть обеспечено одной какой-то технологией и требуется чередование и проведение различных мероприятий. В этой связи перспективно создание многофункциональных мелиоративных систем, которые обеспечивают строгое нормирование сроков и норм полива, внесение с оросительной водой минеральных удобрений и средств защиты растений, регулирование температуры, газового состава почвы и приземного слоя воздуха путем использования специальных устройств, дозаторов для регулирования подачи воды, удобрений, автоматизации удобрительного дождевания и т.д. Одним из направлений использования таких систем является борьба с засухами и поздними заморозками. Для этого разработана напорно-безнапорная многофункциональная система комбинированного орошения для осуществления локальных поливов, которая имеет возможность осуществлять внутрипочвенный, капельный, поверхностный струйчатый поливы как комбинированно, самостоятельно, так и в сочетании с мелкодисперсным дождеванием [6]. В вариантах, где предусмотрены поливы в комбинации с мелкодисперсным дождеванием, система орошения работает следующим образом: при безнапорном движении воды в поливных трубопроводах – через струйчатые водовыпуски осуществляется поверхностный полив. С запуском водяного насоса при подаче давления воды до 1,2 МПа в работу включаются распылительные насадки мелкодисперсного дождевания [7]. Таким же образом осуществляется режим мелкодисперсного дождевания и в комбинации с капельным или внутрипочвенным орошением.

Принцип лабильности. Под лабильностью (функциональной подвижностью) мелиоративных воздействий понимается периодическое проведение мелиоративных мероприятий на данной территории или чередование различных видов мелиоративных воздействий на природный объект. Использование этого принципа дает возможность снизить антропогенную нагрузку на агроландшафт. Природный объект, имея достаточную буферную способность, может самовосстанавливаться после снятия антропогенной нагрузки, что позволяет в ряде случаев обойтись без компенсирующих экомелиоративных мероприятий. Для реализации этого принципа разработаны полустационарные мобильные мелиоративные системы, обеспечивающие технологии циклического орошения, подразумевающие чередование полива участков земли в течение определенного цикла, продолжительность которого определяется свойствами почв, особенностями и технологическими приемами эксплуатации и использования участка в богарных условиях. Достоинство циклического орошения по сравнению с регулярным орошением состоит в снижении водной нагрузки на почву и грунтовые воды, что особенно важно в зоне неустойчивого увлажнения. Мобильное циклическое орошение в большинстве случаев не требует строительства инженерных видов дренажа, коллекторной сети и водоприемников дренажного стока. Соединение орошаемого и богарного земледелия на основе применения передвижного циклического орошения с помощью мобильного оросительного оборудования на местном стоке позволит, например, в 2-3 раза повысить урожай люцерны, кукурузы, сахарной и кормовой свеклы [8]. При соответствующем сочетании посевов этих культур последовательно во времени с неорошаемыми достаточно продуктивными озимыми зерновыми обеспечить нужное биологическое дренирование и высокий экономический эффект орошаемых земель.

Другим направлением использования систем циклического орошения является полив сточными водами или водами повышенной минерализации. Циклическое орошение сточными водами животноводческих комплексов позволяет не только утилизировать стоки, но и увеличивать урожайность сельскохозяйственных культур за счет использования питательных веществ и микроэлементов в сточных водах без деградации

почвенного покрова и при получении экологически чистой сельскохозяйственной продукции. Подача сточных и природных вод на поля производится чередованием со следующими циклами: в течение 4-х лет можно подавать сточные воды с нормой внесения стоков до 300 кг/га, а в последующие 2 года производить полив только природной водой. Внедрение технологии на животноводческом комплексе «Искра» Рязанской обл. позволило снизить содержание нитратов в растениеводческой продукции с 0,109%, до 0,052% [9].

При использовании минерализованных вод на системах циклического орошения исследованиями установлено, что на легких почвах можно 5-6 лет орошать минерализованными водами (до 3 г/л), затем делать перерыв на 1-2 года, что обеспечивает практически полное восстановление свойств почвы и переход почвенных процессов в естественное состояние.

Принцип замкнутости круговорота. Это требование исходит из того, что мелиоративная деятельность – есть процесс энергомассообмена между природной средой и мелиоративной системой. Этот процесс имеет на входе потребляемые материальные и энергетические ресурсы, а на выходе отходы, поскольку произведенные полезные продукты используются внутри глобальной технологической системы, включая сельское хозяйство, перерабатывающую промышленность и т.д. Одним из отходов (нецелевых продуктов) инженерной гидромелиоративной системы являются коллекторно-дренажные и сбросные воды, которые могут вызывать загрязнение и последующую деградацию различных природных объектов. В современном понимании эти отходы следует рассматривать как нетрадиционный источник воды для нужд сельскохозяйственного комплекса на текущий момент и в перспективе. При квазистационарном состоянии агроландшафта отходы технологических систем должны превращаться в ресурсы и тем самым компенсировать их расходование. Поэтому при создании мелиоративных систем важным принципом становится увеличение замкнутости круговорота воды, органических и питательных веществ. В.Р. Вильямс постулировал «единственный способ придать ограниченному количеству свойства бесконечности – заставить его вращаться по замкнутой кривой» [10,

с. 11]. Реализация указанного принципа использована при создании водооборотных гидромелиоративных систем, обеспечивающих рециклинг сбрасываемых с системы дренажных вод для внутрисистемного использования на орошение или другие хозяйственные нужды. Однако требование замкнутости налагает на процессы, протекающие в системе, определенные ограничения, а на мелиоративную систему дополнительные требования к ее конструктивному исполнению. Экологические ограничения накладываются на объем забора и качество природных вод на орошение и объем сброса и загрязнения дренажных и сбросных вод за пределы системы. Мелиоративная система должна иметь технологические узлы по сбору и подготовке дренажных вод и возможности его повторного использования на орошение [11].

Выводы

Выполненными исследованиями установлены негативные антропогенные воздействия при создании мелиоративных систем и предложены принципы, учитывающие основные аспекты снижения мелиоративной нагрузки на агроландшафты. В сфере орошения это: совершенствование методов и способов полива, минимизация непроизводительных трат воды, внутрисистемное использование подготовленных дренажных вод, расширение используемых водоисточников, оптимизация режимов орошения и структуры посевов. Для осушения – применение способов специальной водоподготовки и рециклинг дренажного стока, создание искусственных водоприемников и другие.

Библиографический список

1. **Кирейчева Л.В.** Восстановление природно-ресурсного потенциала агроландшафтов комплексными мелиорациями // Мелиорация и водное хозяйство. 2004. № 5. С. 32-35.
1. **Кирейчева Л.В.** Мелиорация земель в России: планы и реальность // Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 2. С. 2-5.
2. **Савенко В.С.** Геохимические аспекты устойчивого развития. М.: ГЕОС. 2003. 180 с.
3. **Кирейчева Л.В., Белова И.В.** Значение комплексных мелиораций для формирования продуктивного и устойчивого агроландшафта // Мелиорация и водное хозяйство. 2004. № 4. С. 23-25.
4. **Руднева Л.В.** Пути повышения эффективности и экологической безопасности

орошения в Калмыкии // Мелиорация и водное хозяйство – 2000. – № 4. – С. 40-42.

5. **Овчинников А.С., Бородычев В.В., Храбров М.Ю., Гуренко В.М., Майер А.В.** Комбинированное орошение сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 2 (38). С. 6-13.

6. **Майер А.В., Захаров Ю.И., Криволицкая Н.В.** Универсальная многофункциональная система орошения для комбинированных способов полива // Известия Нижневолжского аграрного университетского комплекса. 2015. № 1 (37). С. 206-210.

7. **Щедрин В.Н., Васильев С.М., Андреева Т.П.** Новая стратегия оросительных мелиораций – циклическое орошение // Вопросы мелиорации. 2008. № 3-4. С. 7-20.

8. **Кирейчева Л.В., Захарова О.А.** Влияние циклического орошения сточными вода-

ми на свойства серых лесных почв // Почвоведение. 2002. № 9. С. 1115-1120.

9. **Вильямс В.Р.** Общее земледелие с основами почвоведения. М.: Сельхозиздат. 1931. 376 с.

10. **Кирейчева Л.В., Глазунова И.В.** Экологически безопасные ресурсы. Технические решения очистки дренажно-сбросных вод. // Вода Magazin, 2008. № 4. С. 44-47.

Материал поступил в редакцию 15.05.2017 г.

Сведения об авторе

Кирейчева Людмила Владимировна ORCID: 0000-0002-7114-2706, доктор технических наук, профессор, руководитель научного направления ФГНБУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова; 127550, Москва, ул. Большая Академическая, д.44. кор. 2, тел.: 8-499-154-13-26, e-mail: kireychevalw@mail.ru

L.V. KIREICHEVA

State budgetary research institution All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after. A.N. Kostyakov (VNIIGiM), Moscow, Russian Federation

ECOLOGICAL PRINCIPLES OF CREATION OF ADVANCED LAND RECLAMATION SYSTEMS

The degradation of reclaimed lands and soil degradation predetermine the necessity of the anthropogenic impact reduction which is caused as the result of irrigation within the landscapes. The paper is devoted to the environmental approaches on creation of the advanced land reclamation systems which provide target and controlled harmonization of natural processes, formed as a result of land reclamation when the aim is the balance of matters flows and energy in the reclaimed lands. In the paper there are considered the following basic principles such as transformation of natural objects, adaptation, multi-functionality, lability and closure of the rotation which will provide a significant reduction in the impact on the agricultural landscape. It is proved that at a high productivity of agricultural lands it is possible to reduce the environmental resistance of the agro landscape which requires the introduction of restrictions. Functional links between the productivity of a farmland and the environmentally friendly production potential of the reclaimed land have been determined. The principle of adaptation of the land reclamation system to natural conditions acquires a great importance: adaptation at maintaining a quasi-steady state of the natural system or its transfer to a higher energy level. The principles of multifunctionality, lability and closure of water rotation and organic substances provide both an anthropogenic impacts reduction and a substantial saving of material, water and energy resources while increasing crop yields.

Environmental approach, land reclamation system, irrigation, drainage, agro landscape, production potential

References

1. **Kireicheva L.V.** Vosstanovlenie prirodno-resursnogo potentsiala agrolandshaftov kompleksnymi melioratsiyami // Melioratsiya i vodnoe hozyaistvo. 2004. № 5. S. 32-35.

2. **Kireicheva L.V.** Melioratsiya zemel v Rossii: plany i realnost // Melioratsiya i vodnoe hozyaistvo. 2013. № 2. S. 2-5.

3. **Savenko V.S.** Geohimicheskie aspekty ustoichivogo razvitiya. M.: GEOS. 2003. 180s.

4. **Kireicheva L.V., Belova I.V.** Znachenie kompleksnyh melioratsij dlya formirovaniya produktivnogo i ustoichivogo agrolandshafta // Melioratsiya i vodnoe hozyaistvo. 2004. № 4. S. 23-25.

5. **Rudneva L.V.** Puti povysheniya effektivnosti i ekologicheskoy bezopasnosti orosheni-

ya v Kalmykii // Melioratsiya i vodnoe hozyaistvo. – 2000. – № 4. – S. 40-42.

6. Ovchinnikov A.S., Borodychev V.V., Hrabrov M.Yu., Gurenko V.M., Maier A.V. Kombinirovannoe oroshenie sel'skohozyaistvennykh kul'tur // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2015. № 2 (38). S.6-13.

7. Maier A.V., Zaharov Yu.N., Krivolutskaya N.V. Universal'naya mnogofunktsional'naya sistema orosheniya dlya kombinirovannykh sposobov poliva // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrarnogo universitetskogo kompleksa. 2015. № 1 (37). S. 206-210.

8. Shchedrin V.N., Vasiljev S.M., Andreeva T.P. Novaya strategiya orositel'nykh melioratsij– tsiklichesкое oroshenie // Voprosy melioratsii. 2008. № 3-4. S. 7-20.

9. Kireicheva L.V., Zaharova O.A. Vliyaniye tsiklichnogo orosheniya stochnymi

vodami na svoystva seryh lesnykh pochv // Pochvovedenie. 2002. № 9. S. 1115-1120.

10. Wilyams V.R. Obshchee zemledelie s osnovami pochvovvedeniya. M.: Sel'hozizdat. 1931. 376 s.

11. Kireicheva L.V., Glazunova I.V. Ekologicheski bezopasnye resursy. Tehnicheskie resheniya ochistki drenazhno-sbrosnykh vod. // Voda Magazin, 2008. № 4. S.44-47.

The material was received at the editorial office
15.05.2017

Information about the author

Kireicheva L.V. ORCID: 0000-0002-7114-2706, Prof., Doctor of technical Sciences, All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova, Russia, Moscow, e-mail: kireychevalw@mail.ru

УДК 502/504:631.6.02

Е.Б. СТРЕЛЬБИЦКАЯ, А.П. СОЛОМИНА

Государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (ВНИИГиМ), г. Москва, Российская Федерация

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДОПРИЕМНИКИ

Рассмотрены основные положения построения сети мониторинга качества дренажно-сбросных вод (ДСВ) мелиоративных систем и их водоприемников. Мониторинг проводится на основе постоянного отслеживания изменений в водных объектах и на водосборных территориях. Для этого необходимо развитие пригодных для разных уровней мониторинга методов оценки и прогноза состояния объектов, с учетом обратной связи, которая осуществляется периодическим контролем фактического состояния. Определены порядок организации и проведения наблюдений за качественными показателями вод: места расположения пунктов наблюдения, периодичность отбора проб, состав определяемых показателей в зависимости от программы наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши. Составлена схема методов обработки данных результатов наблюдений и лабораторных анализов, а также структурная схема мониторинга, систематизирующая все этапы проведения наблюдений и оценки состояния качества природных и ДСВ. Проведение наблюдений за качественным составом ДСВ в контексте воздействия на загрязнение природных вод (расположение створов наблюдений, периодичность отбора проб, методы обработки результатов анализов) должны опираться на нормативные и методические документы для получения репрезентативной и сопоставимой информации для прогнозирования ситуации и принятия управленческих решений.

Гидромелиоративные системы, дренажно-сбросные воды, мониторинг показателей качественного состава, пункты наблюдений, створы отбора проб, контролируемые параметры.

Введение. Высокий уровень антропогенной нагрузки на природные воды, в том

числе при функционировании гидромелиоративных систем, формирующих потоки