

ЭКОСИСТЕМНОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ТОЧНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ – ОСНОВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ЗЕЛЕННОЙ ЭКОНОМИКИ

Шабанов В.В.¹, Исаева С.Д.², Стрижников О.А.², Бондарик И.Г.²

¹ФГБУ ВО «РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, РФ;

²ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, РФ

Аннотация. В статье рассматривается концепция экосистемного водопользования в современных условиях. Подчеркивается актуальность рационализации водопользования и определяются новые направления, по которым планирование рационального водопользования для всех экосистем (наземных, подземных и водных), может существенно увеличить депонирование углерода и снизить углеродный след. Основным инструментом экосистемного водопользования может стать точная мелиорация, проводимая на территории водосбора реки. При таком подходе возникает экосистемное водное хозяйство.

Ключевые слова. Мелиорация водосбора; экосистемное водопользование; биотическое сообщество; точная мелиорация; экосистемное водное хозяйство; зеленая экономика в мелиорации и водном хозяйстве.

Введение. Научное направление – «экосистемного водопользования в мелиорации» было предложено С.Я.Бездниной в конце 20 века (1995), как ответ на необходимость снизить экологическое «давление» человека на водные экосистемы [1,2,3]. В ее работах констатируется обязательность синтеза человеческой деятельности, связанной с использованием и охраной водных ресурсов, с жизнью природных экосистем. При этом акцент, с потребительского отношения к воде, переносится на экологический и подчеркивается важность воды, как средства и необходимого условия оптимального функционирования экосистем всего водосборного бассейна, каждого ландшафта и каждого водного объекта. Бездниной С.Я. была разработана концепция, определена цель, задачи, принципы и научные направления экосистемного водопользования. Концепция экос-

стемного водопользования ориентировала на экологизацию использования водных, земельных, биологических ресурсов, снижение безвозвратного водопотребления, предупреждение загрязнения водных экосистем, связанных с сельскохозяйственным производством, водопользованием и водоотведением.

Основные исследования, на том этапе, были сфокусированы на двух направлениях: создание системы экологического нормирования качества оросительной воды и технологии регулирования химического состава коллекторно-дренажных вод.

Это было вызвано тем, что экосистемное водопользование в мелиорации, по мнению Бездниной С.Я., определяло необходимость экологизации процессов производства сельхозпродукции на мелиорированных землях и воспроизводства почвенного плодородия, что выдвигало определенные требования к водопотреблению, режимам орошения, технологии поливов и водоотведению. Все перечисленное выше, остается актуальным и в настоящее время.

Однако, в 21 веке антропогенное «давление» на природные экосистемы усилилось еще более. Ответом на эти вызовы может быть расширение объектов экосистемного водопользования, это должны быть не только сельскохозяйственные земли, но и земли всех наземных экосистем и водные объекты водосбора.

Современные вызовы (растущее загрязнение, потеря природных экосистем, деградация земель и изменение климата) привели к необходимости развития «зеленой экономики», которая невозможна без точной мелиорации¹ и экосистемного водного хозяйства². В этой ситуации, они становятся важнейшими действующими инструментами преодоления нарастающих кризисов. В настоящее время («эпоха зеленой экономики»), получения сельскохозяйственной продукции, путем подавления природного биотического сообщества («интенсивное» сельское хозяйство), во многом способствовало наступлению существующего кризисного положения (уменьшение видового разнообразия, деградация почв,

¹ Точная мелиорация – микромасштабная система комплексного регулирования факторов жизни растений и почвенной биоты

² Экосистемное водное хозяйство – управления водными ресурсами (атмосферными, поверхностными, почвенными и подземными) в целях оптимизации продуктивности различных экосистем на водосборе и минимизации «углеродного следа».

изменение климата). Кроме того, «интенсивные системы земледелия» существенно ухудшили качество сельскохозяйственной продукции.

«Зеленая экономика», изначально продвигаемая как «возможное конкурентное преимущество», может существенно ускорить развитие точных систем природопользования и природообустройства³ [4], т.е. экосистемного водного хозяйства и точной мелиорации [9,10].

Зеленая экономика предполагает минимизацию «углеродного следа» во всех производствах, т.е. максимальную замкнутость биогеохимического круговорота углерода.

Вместе с тем, в условиях изменяющейся циркуляции в атмосфере, возрастает стохастичность (повышение случайности) выпадения осадков в пространстве и во времени и достичь необходимой «замкнутости» углеродного цикла будет весьма затруднительно без точных биоинженерных технологий.

Дополнительные выбросы CO₂ приведут к «штрафным санкциям» на продукцию сельского хозяйства, поэтому замкнуть «углеродный цикл» можно будет только в помощь точной мелиорации, а она возможна и эффективна только при экосистемном водопользовании.

Экосистемное водопользование можно трактовать, как рациональное использование водных ресурсов для всех экосистем. В этом случае можно выделить следующие экосистемы. *Экосистемы в атмосфере Земли (наземные экосистемы), экосистемы почвенных вод (почвенное биотическое сообщество), экосистемы поверхностных вод.*

В *атмосферных экосистемах* основным источником воды является, водяной пар и дождевая вода.

³ Природообустройство - деятельность человека, по отношению к природе (наряду с природоведением и природопользованием), целью которой, является достижение гармоничных отношений между ними. Природообустройство не противопоставляет человека природе, но делает природу объектом пристального внимания и заботы. Природа рассматривается как совокупность геосистем, которые представляют собой системы взаимосвязанных, взаимообусловленных в своем размещении и развивающихся как единое целое компонентов (воздух, биота, вода, массы твердой земной коры, почва) [4].

В почвенных экосистемах основным ресурсом являются воды «почвенных водохранилищ⁴», которые связаны и обмениваются с другими водными объектами (грунтовые воды, подземные воды).

Третьим компонентом являются *водные экосистемы*.

Таким образом, экосистемное водопользования предполагает поддержание всех трёх видов экосистем в устойчивом положении, с помощью создания природоподобных инженерных комплексов.

Экосистемное водопользования, в условиях зелёной экономики, наиболее эффективно, если оно будет применено к водосбору в целом. На водосборе используют воду: сельскохозяйственные растения (сельское хозяйство), почвенная биота (мелиорация), биотические сообщества водоемов и водотоков (водное хозяйство) [5, 6]

Критерием функционирования этой триединой системы может быть минимум выбросов углерода или максимальная связность углерода (замкнутый круговорот углерода в системе воздух - растение – почва – водный объект) Описанную выше ситуацию можно изобразить в виде блок-схемы.

⁴ Почвенные водохранилища – система взаимосвязанных водных объектов в поровом пространстве почвы, являющаяся основным местом обитания почвенной биоты.

Блок- схема принятия решений в парадигме экосистемного

водопользования



Рассмотрим каждый блок схемы по столбцам (экосистемы: наземные – почвенные – водные) последовательно, с точки зрения существующей «научной наполненности», для оценки примерного перечня задач, которые предстоит решать в ближайшем будущем.

1.1 НАЗЕМНАЯ ЭКОСИСТЕМА\ ЦЕЛИ - получение экологически чистой продукции и максимизация поглощение CO₂. ДЕЙСТВИЯ - Необходимо разработать «Концепцию развития мелиорации на водосборе для природных и антропогенных (сельскохозяйственных, парковых и др.) экосистем.

1.2 ТРЕБОВАНИЯ НАЗЕМНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ к условиям внешней среды и мониторинг условий. ДЕЙСТВИЯ – В настоящее время разработаны модели и базы данных для ряда сельскохозяйственных культур, разработана методика параметризации количественных зависимостей в системе продуктивность растения (биоты) – условия среды⁵. Продолжение работ ведется в расширении перечня растений и особенностей мониторинга в зависимости от микроклиматических условий территории (элемент ландшафта, расположение лесополос и пр.)

1.3 УПРАВЛЯЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ – система сельскохозяйственных и мелиоративных мероприятий, максимизирующих биологическую продукцию и замкнутость геохимического круговорота углерода. В настоящее время, существующие технические решения могут достаточно эффективно справиться с управления условиями среды на водосборе.

1.4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ экосистемного управления условиями внешней среды на водосборе является функцией максимизации органической продукции (связывание углерода в биомассе) и процессов минимизация штрафов за «углеродный след».

⁵ Здесь и далее, имеются ввиду, конкретные разработки (более 40 публикаций), выполненные сотрудниками «Проблемной лаборатории по разработке теоретических основ управления водным, солевым и тепловым режимами на мелиорируемых землях» РГАУ-МСХА (сайт - <https://www.timacad.ru/about/struktura-universiteta/nauchnye-podrazdelenia/problemnaia-laboratoriia>). С публикациями некоторых работ, можно ознакомиться в НЭБ (например - https://www.elibrary.ru/author_items.asp?authorid=195937).

2.1 ПОЧВЕННАЯ ЭКОСИСТЕМА \ ЦЕЛИ – повышение плодородия, улучшения воднофизических свойств почв для предотвращения эрозии и сокращения выбросов CO₂. Раздел, который наименее разработан в научном плане в связи с чрезвычайной сложностью почвенной экосистемы. Считается что почвенная биота представлена миллионами видов, детальное описание существует для 35 тысяч видов. В этой ситуации приходится оценивать деятельность почвенной биоты по интегральным показателям (организмам). Одним из таких организмов является дождевой червь. Предварительные эксперименты показали достаточно плотную количественную связь численности и веса этих беспозвоночных с биомассой наземных растений. [7]

2.2 ТРЕБОВАНИЯ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ к условиям среды и мониторинг почвенных условий. В настоящее время разработаны модели и базы данных для ряда организмов индикаторов, деятельности почвенной биоты. Разработана методика параметризации количественных зависимостей в системе продуктивность почвенной биоты – условия среды, для таких факторов как – влажность почвы, кислотность, температура [8]. Продолжение работ ведется в расширении факторов внешней среды.

2.3 УПРАВЛЯЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ – Система агротехнических (биологическое земледелие, нулевая обработка и др) и биомелиоративных мероприятий (альголизация почв и др.) мероприятий. В этом блоке наименее разработано направления, связанное с альголизацией почв и вообще методами управления почвенной биотой.

2.4 СОЦИАЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ – появление высокотехнологичных рабочих мест в сельской местности, улучшение здоровья населения при улучшении экологической обстановки на водосборе – международное признание «эффективного мирового вклада в зеленую экономику».

3.1 ВОДНАЯ ЭКОСИСТЕМА\ЦЕЛИ – повышение качества поверхностных и подземных вод для экосистем и человека, поглощение CO₂ водной

растительностью. Этот раздел достаточно разработан, необходимо только встроить полученные достижения в экосистемное водопользование.

3.2 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ ВОДНОГО БИОТИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА мониторинг количества и качества вод. Содержание и научное насыщение раздела достаточно полно выполнено гидробиологами. Задача заключается систематизации полученных данных и построения Баз Данных для использования их в системах Искусственного Интеллекта для адаптации имеющихся данных к конкретным условиям.

3.3 УПРАВЛЯЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ. Регулирование и очистка стока. Создание систем биотехнологических мероприятий (альголизация водоемов, дренажных вод и пр.). Это направление достаточно разработано и требуется «настройка» разработанных методов для конкретных условий [9].

3.4 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ – увеличение депонирования углерода природоподобными экого-мелиоративными системами, плюс увеличение кислорода в воздухе (интенсивное окисление вредных примесей), плюс восстановление природных экосистем водосбора.

Кроме того, разработка методов экосистемного водопользования и методов точной мелиорации дает возможность для развития прикладной экологии. А развитие мелиорации, как инструмента благоразумного (рационального) воздействия на антропо-природные экосистемы повышает ее роль и делает ее основным инструментом государства в эпоху «зеленой экономики», т.к в управление глобальным и локальным водообменом – вода это основной носитель управляющих (мелиоративных) воздействий и основной инструмент управления.

В этой ситуации экосистемное водопользование превращается в рациональное управление водными потоками для природно - оптимального функционирования всех экосистем (наземной, подземной /почвенной, водной) .

Выводы

1. Предлагается новая концепция экосистемного водопользования, как рационального использования водных ресурсов, для всех экосистем.
2. Установлена актуальность ее для решения современных проблем человечества
3. Показана роль точного мелиоративного регулирования в оптимизации наземных и почвенных экосистем.
4. Обращается внимание на необходимость пересмотра отношений к почвенным экосистемам, повышение «ценности» почвенных вод, (в законодательных актах и схемах КИОВР), как основного управляющего элемента депонирования углерода в почвенной экосистеме.
5. Показана возможность управления «углеродным следом» и экосистемное повышение депонирования углерода при создании природоподобных систем на водосборе каждой реки.
6. Существующая ситуация в мире является «окном возможностей» для развития современной мелиорации и водного хозяйства.
7. Эффективность экосистемного использования водных ресурсов бассейна реки в рамках определенной ландшафтной зоны, может определяться стоимостью депонированного экосистемами углерода.
8. Хорошо «экологизированный» водосбор (бассейн реки) может получать прибыль не только от производимой продукции и минимизации штрафов за «выброс парниковых газов», но и за продажу квот на выбросы в другие страны.
9. Перспективным для сокращения углеродного следа, можно считать альголизация почв и водоемов.

Рекомендации.

1. Предложить, в качестве расчётного объекта по оценке углеродного следа, рассматривать бассейн реки. Это поможет создать комплексную природоподобную систему водопользования различных экосистем водосбора
2. Депонирование углерода экосистемами водосбора минимизирует или сведет к нулю углеродный след от локальных предприятий, необходимых для

социально - экономического развития административных единиц бассейна, расположенных на водосборе реки, путём природообустройства водосбора.

3. Для воссоздания природных экологических систем на водосборе, целесообразно восстанавливать или создавать экологические сети, включающие экологические ядра, экологические коридоры и буферные зоны
4. Эффективность точного управления (мелиорация и водное хозяйство) на водосборе целесообразно определять по сумме, в которую входит: стоимость произведенной продукции, плюс стоимость воспроизведенной за вегетацию почвенной биоты и плюс штрафы (не заплаченные) за углеродное загрязнение атмосферы (или части биосферы, если рассматривается природная зона), которые пришлось бы заплатить при отсутствии депонирующей функции триединой системы: сельское хозяйство - мелиорация-водное хозяйство.

Список литературы

1. Безднина С.Я. Принципы и технологии экосистемного водопользования в мелиорации. /автореф. дис. ...доктора техн.наук. ВНИИГиМ. М.,- 1995;
2. Шумаков Б.Б., Безднина С.Я. Экосистемное водопользование: исследования и разработки// Мелиорация и водное хозяйство. 1995.- №1.-С.1-7.;
3. Шумаков Б.Б., Безднина С.Я. Концептуальные принципы экосистемного водопользования /Мелиорация и водное хозяйство.1996.- №4.-С.20-23.
4. Природообустройство. Учебник /Под ред. Голованова А.И./ 2-е издание, исправленное и дополненное - СПб.: Издательство «Лань» 2015 –500с с.: ил. ISBN 978-5-8114-1807-7 (ББК 67.407я73 / П77)
5. Комплексное использование водных ресурсов и охрана природы. Учебник /Под ред. Шабанова В.В./. Москва, 1994.

6. Шабанов В.В. Введение в рациональное природопользование. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений/Москва, 2007.
7. Шабанов В.В., Солошенко А.Д. Количественные методы оценки плодородия для целей точного мелиоративного регулирования. Природообустройство. 2020. № 4. С. 13-22
8. Шабанов В.В., Маркин В.Н., Солошенко А.Д. Оценка требований почвенной биоты к гидротермическим условиям внешней среды. В сборнике: Доклады ТСХА. 2020. С. 173-178.
9. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Система точного управления водными ресурсами. В сборнике: Доклады ТСХА. 2020. С. 223-229.
10. Исаева С.Д. Система методов реализации экосистемного водопользования. \ Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК. Материалы международной научно-практической конференции. – М.: Изд. ВНИИГиМ, 2017. - 400 с. ISBN 978-5-9906859-3-2
11. Айдаров И.П., Голованов А.И., Шабанов В.В. Комплексное обустройство территорий – дальнейший этап мелиорации земель И.П. Айдаров Россельхозакадемия, Москва, Россия; А.И. Голованов, В.В. Шабанов МГУП, Москва. <http://www.cawater-info.net/bk/improvement-irrigated-agriculture/files/kostyakovskie-chteniya-2007-1.pdf> (дата обращения 11.05.22)

Ссылка для цитирования.

Эффективное водопользование при орошении: теоретические и прикладные аспекты / С. Д. Исаева, А. Л. Бубер, А. О. Щербаков [и др.]. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2022. – с.241 -248. – ISBN 978-5-907464-26-1. – EDN PQZBJP.
http://www.vniigim.ru/download/library/2022/sbornik_kch_2022.pdf