

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.67:631.95:502.5

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-79-96

Общетеоретические положения обеспечения экологической устойчивости агроландшафтов при вовлечении в оборот ранее орошаемых земель

Сергей Яковлевич Семененко

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Волгоград, Российская Федерация, sergeysemnenko@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5992-8127>

Аннотация. Цель: разработка концепции выработки алгоритма обеспечения экологической безопасности на основе кибернетического подхода при вовлечении в оборот постирригационных земель. **Материалы и методы.** Методология исследования основана на общенаучных методах познания – анализе, синтезе, абстракции, моделировании. Рабочей гипотезой явилось предположение об эффективности управления экологической устойчивостью орошаемых земель, в т. ч. вновь вводимых, созданием абстрактной кибернетической модели. **Результаты.** Повторное введение в оборот ранее орошаемых земель, прошедших антропогенный экологический «прессинг», требует тщательной оценки ресурсного потенциала, применяемых технологий, компетенций обслуживающего персонала и многих других динамических показателей, способных негативным образом повлиять на экологическую емкость орошаемого ландшафта. При большом количестве взаимообусловленных связей различной физической природы, присущих мелиорированной территории, оптимальным приемом построения алгоритма выработки управляющих экологических решений является кибернетическое моделирование, методами которого (синтез, абстракция) возможно создание системы управления качеством орошаемых земель. **Выводы.** Сложность гидромелиоративного воздействия на элементы агроландшафта и его реакцию на него можно представить абстрактно, через создание расширенного кибернетического эколого-мелиоративного блока, учитывающего регулируемые ресурсы, возможные к применению, нерегулируемые условия внешней среды, качество получаемой после мелиоративного воздействия окружающей среды, регулируемое посредством ограничительных принудительных связей, используя разработанный путь (алгоритм). При высокой доле абстракции он позволяет создавать алгоритм формирования управляющих воздействий с адаптацией их к конкретным условиям орошаемого агроландшафта.

Ключевые слова: экологическая устойчивость, качество земель, вовлечение в оборот, кибернетическая система, алгоритм управления

Сведения о научно-исследовательской работе, по результатам которой публикуется статья: статья подготовлена на основании исследований, проведенных в соответствии с государственным заданием FNFR-2022-0005.

Для цитирования: Семененко С. Я. Общетеоретические положения обеспечения экологической устойчивости агроландшафтов при вовлечении в оборот ранее орошаемых земель // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 4. С. 79–96. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-79-96>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

General theoretical provisions for ensuring the environmental sustainability of agricultural landscapes when involved previously irrigated lands into circulation

Sergey Ya. Semenenko

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Volgograd, Russian Federation, sergeysemenko@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5992-8127>

Abstract. Purpose: to develop a concept for generating an algorithm for ensuring environmental safety based on a cybernetic approach when involving previously irrigated lands in circulation. **Materials and methods.** The research methodology is based on general scientific cognition methods – analysis, synthesis, abstraction, modeling. The working hypothesis was the assumption of the effectiveness of managing the environmental sustainability of irrigated lands, including newly involved ones, by creating an abstract cybernetic model. **Results.** The re-introduction previously irrigated lands that have undergone anthropogenic environmental “pressure” into circulation, requires a careful assessment of the resource potential, the technologies used, the competencies of operating personnel and many other dynamic indicators that can negatively affect the ecological capacity of the irrigated landscape. With a large number of interdependent connections of various physical nature inherent in the reclaimed territory, the optimal method for constructing an algorithm for developing control environmental decisions is cybernetic modeling, the methods of which (synthesis, abstraction) make it possible to create the irrigated land quality control system. **Conclusions.** The complexity of the hydro-reclamation impact on the agricultural landscape elements and its reaction to it can be represented abstractly, through the creation of an expanded cybernetic environmental-reclamation unit, taking into account the regulated resources that can be used, unregulated environmental conditions, the quality of the environment obtained after the reclamation impact, regulated through restrictive forced connections, using the developed path (algorithm). With a high degree of abstraction, it allows creating an algorithm for the formation of control actions with their adaptation to the specific conditions of the irrigated agricultural landscape.

Keywords: environmental sustainability, land quality, involvement in turnover, cybernetic system, control algorithm

Information about the research work, on results of which the article is published: the article was prepared on the basis of research conducted in accordance with state assignment FNFR-2022-0005.

For citation: Semenenko S. Ya. General theoretical provisions for ensuring the environmental sustainability of agricultural landscapes when involved previously irrigated lands into circulation. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(4):79–96. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-79-96>.

Введение. Особый вид экономической деятельности по выращиванию, производству и переработке сельскохозяйственной продукции находится под постоянным патронажем государственных органов, что указыва-

ет на приоритетность данного направления в социально-экономическом и внешнеполитическом потенциале РФ.

Чтобы убедиться в этом, достаточно обратить внимание на интенсивность принятия актов нормативно-правового регулирования в сельскохозяйственном производстве:

- Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации»;

- Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная Распоряжением Правительства РФ от 12 апреля 2020 г. № 993-р;

- Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года»;

- Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации»^{1,2}.

Анализ использования сельскохозяйственных земель, находящихся в обороте, указывает, с одной стороны, на выбытие их из оборота по различным причинам, с другой – на увеличение интенсивности использования оставшейся их части.

В первом случае происходит деградация почвенного покрова (облесение, дефляция, водная эрозия и др.), во втором – потеря почвенного плодородия до предела возможности сельскохозяйственного производства, восстановление которого влечет за собой дополнительные затраты, и не маленькие [1–4].

¹О признаках неиспользования земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения по целевому назначению или использования с нарушением законодательства Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 18 сент. 2020 г. № 1482. Доступ из СПС «КонсультантПлюс».

²Об обороте земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс]: Федер. закон от 24 июля 2002 г. № 101-ФЗ. Доступ из СПС «КонсультантПлюс».

Правительство РФ понимает, что для сохранения и упрочения статуса зерновой державы необходимо вовлечение в оборот новых земель сельскохозяйственного назначения, как богарных, так и орошаемых. По провизорным оценкам, общая площадь не используемых на сегодняшний день сельскохозяйственных земель в России достигает 46 млн га. В значительной мере затронуты и наиболее ценные – мелиорированные сельскохозяйственные земли [5–7].

С момента ввода частной собственности на землю были упущены мероприятия по глубокому мониторингу сельскохозяйственных земель, и, как указывает академик В. В. Кирюшин, «...с 1997 года не осуществляется качественная оценка продуктивных земель сельскохозяйственного назначения, не проводится комплексная внутрихозяйственная оценка земель по плодородию, степени проявления процессов деградации (водной эрозии, дефляции, засоления и др.), культуртехническому состоянию» [8].

Нынешние приоритеты и цели государственной политики обуславливают эффективное вовлечение в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развитие мелиоративного комплекса.

Запланировано к концу 2030 г. проведение на землях сельскохозяйственного назначения площадью 853,5 тыс. га мероприятий по улучшению их мелиоративного состояния, и, что самое важное и новое, сюда включены орошаемые земли, обслуживаемые индивидуальными (частными) оросительными системами. Кроме этого, на гидротехнических объектах государственной собственности за счет реконструкции и технического перевооружения будет обеспечено предотвращение выбытия и сохранение в сельскохозяйственном обороте мелиорированных земель на площади не менее 2,956 млн га.

Материалы и методы. Методология исследования основана на общенаучных методах познания – анализе, синтезе, абстракции, моделировании, а также методах кибернетики, ландшафтном и экологическом мето-

логических подходах. Рабочей гипотезой явилось предположение об эффективности управления экологической устойчивостью орошаемых земель, в т. ч. вновь вводимых, созданием абстрактной кибернетической модели.

Результаты и обсуждение. Поставленные задачи вовлечения в хозяйственный оборот ранее выбывших орошаемых земель, уже испытавших антропогенный прессинг, обязывают научное сообщество обратить внимание на нижеследующие экологические обстоятельства, опасность возникновения которых может существенным образом снизить количественные показатели запланированных индикаторов идеи.

Бесхозные и бесхозные земли, относящиеся к залежным, а также сопрягающие ландшафты, являясь природным ресурсом и находясь в современном экологическом относительном равновесии, после вовлечения в оборот будут подвержены загрязнению не только из-за применяемых комплексных мелиораций, но и из-за размещения на них производственных объектов и отходов, что нарушит экологический баланс зоны мелиорации.

Эту угрозу необходимо устранить в процессе разработки новой, более конкретизированной и совершенной зональной системы орошаемого земледелия на вновь введенных территориях, которая должна быть разработана с учетом следующих основных экологических принципов:

- экологического императива, обозначающего приоритетность экологических целей над экономическими;
- эколого-экономической сбалансированности зоны гидромелиоративного воздействия, т. е. размещение и развитие производства продукции на мелиорированных землях должно осуществляться с учетом экологической техноёмкости территории;
- стабильности экосистемы, основанной на (желательно) резистентной устойчивости, т. е. способности сопротивляться внешним возмущающим воздействиям при поддержании неизменной структуры и функциона-

ла, или на (возможной) упругой устойчивости, т. е. способности системы восстанавливаться после нарушения структуры и функций.

При благоприятном сочетании почвенно-климатических условий и незначительной интенсивности технологического воздействия экосистемы в большей степени проявляют резистентную устойчивость, однако в условиях орошаемого земледелия с его большим количеством физических воздействий на условия внешней среды стабильность экосистемы вынуждена базироваться на упругой устойчивости.

Это связано с тем, что в российском растениеводстве более половины сельскохозяйственных товаропроизводителей производят продукцию по экстенсивным и устаревшим технологиям, используют низкокачественные семена, минеральные удобрения вносят в ограниченных объемах, не проводят в должных объемах защитные мероприятия против болезней и вредителей, не отслеживают возможность негативности человеческого фактора при производстве поливов. В то же время примерно 20 % хозяйств в полеводстве применяют эффективные, отличающиеся элементами ресурсосбережения, но традиционные технологии, и только 15–20 % – современные, наиболее эффективные технологии интенсивного ресурсосберегающего типа.

Первые два типа хозяйствования, хотя и в разной степени, но не обеспечивают экологической устойчивости орошаемого земледелия, а по третьему типу вполне возможно получение стабильности экосистемы в соответствии с требованиями упругой устойчивости.

В общем виде экосистемы зоны орошаемого земледелия состоят из следующих объектов, способных быть объектами управления и зависящих от управляющих воздействий субъекта управления: непосредственно орошаемых земель, источника орошения, насосно-силовых установок, транспортирующей открытой и (или) закрытой сети, установок дождеобразова-

ния, поливной, дренажной и дорожной сети, производственных объектов, отходов производства, элементов ландшафта и сопрягающих территорий.

Характеризуются они следующими свойствами: сложностью, целостностью, способностью к сохранению, многомерной устойчивостью, управляемостью, информативностью, наблюдаемостью, качественными различиями элементов системы, характером циркуляции вещества и энергии, т. е. обладают признаками кибернетических систем, основанных на общих закономерностях процессов управления информацией, передачи и использования ее в машинных, биологических и социальных системах.

Каждый из вышеназванных объектов влияет на экологическое состояние зоны мелиорации, при этом существенно отличаясь видом воздействия, отзывчивостью к регулированию и, что наиболее значимо, размерностью физических величин и числом регулируемых параметров, характеризующих состояние структурных элементов экосистемы.

Стохастичность взаимодействия элементов оросительных систем и других элементов экосистемы, порой не связанных между собой прямой связью, образует сложную гибридную кибернетическую систему с непрерывными и дискретными параметрами управляющих величин. Поэтому экосистему с зоной мелиорации необходимо рассматривать с большой долей абстракции, не соотносясь с физической природой составляющих ее элементов.

При анализе и проектировании автоматизированных гидромелиоративных систем комплексно используются методы технической кибернетики, биокибернетики и экономической кибернетики.

Кибернетический блок (рисунок 1) в алгоритме управления, согласно учению Н. Винера (1948 г.), включает следующие элементы: «вход» (поток используемых ресурсов), «процесс» (преобразование ресурсов), «выход» (результат преобразования), «прямая связь» (передача выходного сигнала с предыдущего элемента на вход последующего), «обратная связь» (пере-

дача выходного сигнала на вход предшествующего элемента в той же системе). Кроме того, возможно присутствие элемента «ограничение» с принуждающими связями на каждом этапе информации о прохождении сигнала (продукции).

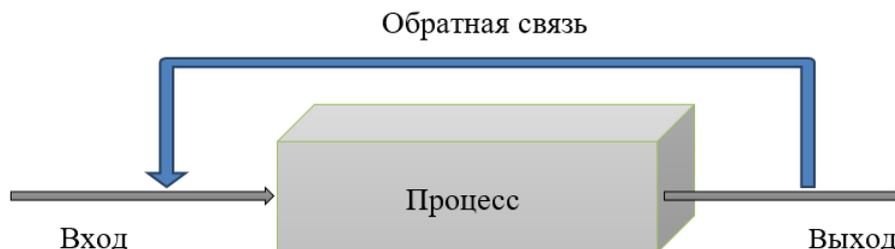


Рисунок 1 – Кибернетический блок Н. Винера
Figure 1 – N. Wiener cybernetic unit

Данная система управления, на наш взгляд, разработана применительно к искусственно созданной среде, где основным и единственным блоком является «процесс» регулирования (управления) с использованием также искусственного ресурсного потока, например, некий производственный процесс на заводе.

В современную эпоху в систему мелиоративного воздействия вовлечены значительные объемы земельных, водных, материальных, трудовых, энергетических ресурсов, что изменяет архитектуру агроландшафтов не только отдельных территорий, но и некоторых регионов России.

Специфика применения кибернетической системы управления с использованием естественных водных и земельных ресурсов, учетом их качественного состояния как нерегулируемого параметра, а также сложность и динамичность процессов управления оросительными системами заключается в интенсивном влиянии на окружающую среду, т. е. на самих себя. Это обязывает несколько изменить, расширить элементный состав кибернетической схемы Н. Винера введением блоков «ресурсы» и «среда» и получить комплексный, более понимаемый и визуально читаемый «Расширенный кибернетический эколого-мелиоративный блок» (рисунок 2).

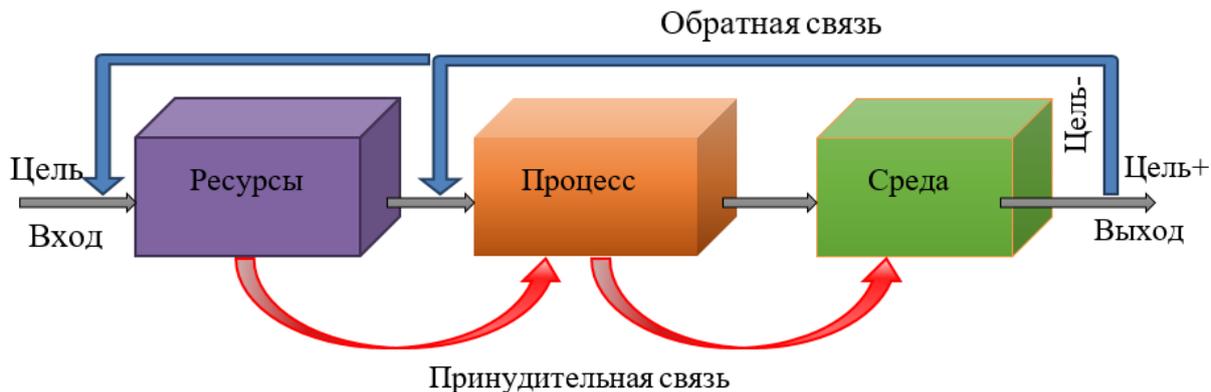


Рисунок 2 – Расширенный кибернетический эколого-мелиоративный блок

Figure 2 – Advanced cybernetic environmental reclamation unit

Изучение сложных кибернетических систем применительно к оросительным системам и орошаемым землям, помимо обычного разбиения системы на элементарные кибернетические блоки (анализа системы), невозможно без использования метода конструирования (синтеза системы) укрупненных систем в виде совокупности отдельных элементарных кибернетических блоков, каждый из которых является отдельной системой. При изучении мелиоративных экосистем большой сложности употребляется целая иерархия подобных блоков: на верхнем уровне такой иерархии вся система рассматривается как один блок, на нижнем уровне в качестве составляющих системы блоков выступают отдельные элементы системы.

В эколого-мелиоративном кибернетическом блоке физической сущностью ограничений, реализуемых посредством принудительных связей от предыдущего к последующему блоку по системе управления, могут являться различные по своей природе вещества, технологии, орудия. Например, для блока «ресурсы» это может быть непосредственно оросительная система (конструкция – открытая, закрытая), способы и техника полива (для дождевания – интенсивность дождя), качество воды (природная, сточная), информационная система управления и т. д.

В рамках системной методологии «процесс» включает три важнейших компонента: сам труд, предмет труда, средства труда, которые взаи-

мосвязаны, взаимообусловлены и находятся в состоянии неразрывной связи. Они содержатся также и в системе специфических гидромелиоративных воздействий и определяются через общенаучные понятия и категории, такие как человек или рабочая сила, труд. Здесь принуждающими ограничениями могут выступать качество рабочей силы (профессионализм), объем продукции, лимит ресурсов, ограничения по качеству оборудования, характеристики (пределы измерений, допустимая точность) технических средств, использование химических и биологических средств и т. д.

Гидромелиоративная деятельность носит многогранный характер, так как создает вещественно-энергетический (сельскохозяйственная продукция, мелиоративное состояние земель) и социально-экономический (развитие сельской инфраструктуры) продукт. Существенная и неотделимая часть мелиоративного процесса – природная, социально-экономическая и другие среды, от которых значительно зависит итог производственной деятельности. Для нас, конечно, важнейшей является природная среда, как среда производства сельскохозяйственной продукции, что и вызвало необходимость включения в кибернетическую систему управления блока «среда».

Универсальным комбинаторным показателем обоснованности применяемых «ресурсов» и «процессов» является качество «среды», как основы для получения запланированного объема и качества продукции, получаемой на мелиорированных землях, и здесь важно сформировать верный алгоритм выработки управляющих воздействий, обеспечивающих требуемое мелиоративное состояние орошаемых земель и сопрягающих агроландшафтов.

Опыт мелиоративных работ и анализ исследований, посвященных вопросу экологической безопасности, свидетельствуют о том, что некоторые нежелательные последствия при оросительных мелиорациях неизбежны, особенно при вводе в эксплуатацию ранее орошаемых земель, прошедших некую экологическую «деформацию».

Процессы деградации орошаемых земель в виде ирригационной эрозии, как отмечают известные американские специалисты по орошению М. Дженсен, В. Е. Hilbig и др., распространены во многих районах Африки, Азии, Северной и Южной Америки, где на каждый гектар новых орошаемых земель приходится гектар выбывших из оборота площадей [9, 10].

Устойчивость природных компонентов к гидромелиоративному воздействию зависит от их характера:

- литогенные, наиболее устойчивые (изменение условий почвообразования, водно-физических свойств почвы, запасов солей в зоне аэрации, агроирригационного рельефа);

- гидроклиматогенные, среднеустойчивые (изменение водности рек, качества воды в результате поступления поверхностного и грунтового стока, уровня грунтовых вод и их минерализации);

- биогенные, слабоустойчивые (изменение естественной фауны, естественной и культурной растительности).

Поэтому важным моментом с точки зрения мелиоративной экологии является определение, какие из данных последствий экологической деформации можно считать допустимыми и оправданными, а какие – недопустимыми. Для принятия в каждом конкретном случае обоснованного решения нужен комплексный подход, включающий экономические и прочие аспекты.

Особое значение при оценке последствий мелиорации приобретает ее экологическое обоснование, выводы которого позволяют принять в целом объективно оправданное решение о вообще целесообразности мелиорации рассматриваемого ландшафта.

Экологическое управление мелиорированными землями является сложной задачей, осуществление которой возможно лишь после детального изучения природных взаимосвязей и путей их развития до и после ме-

лиоративного воздействия, взаимной увязки антропогенных и природных процессов, получения разносторонней актуализированной информации с целью обеспечения достоверного прогнозирования конечного хозяйственного и экологического результата.

Для обеспечения экологической безопасности эксплуатации вновь вводимых орошаемых земель еще на этапе проектирования необходимо разработать процедуру (алгоритм) выработки и принятия решений, обеспечивающих на длительный период требуемое мелиоративное состояние орошаемых земель, который функционально находится на входе в блок «среда». Таким важнейшим блоком является блок выработки эколого-мелиоративных решений, представленный на рисунке 3.

Важным звеном (основополагающим) в структуре является правильно сформулированная цель, поскольку она основана только на представлении об ожидаемом положительном экономическом и экологическом эффекте мелиоративных мероприятий.

Названная цель сама по себе еще не вызывает негативных результатов. Отрицательные последствия могут начать проявляться при ее реализации. Разрешение антагонизма между противоречивыми точками зрения на проблему предполагает переход от цели к обоснованию способа ее достижения.

Постановка собственно цели не требует специальной подготовки, но ее реализация обязательно должна опираться на надлежащий уровень профессионализма. Поэтому оценку возможности использования природных, нерегулируемых условий (почва, климат и т. д.), а также оценку ресурсного обеспечения (качество поливной воды, наличие необходимого парка машин и информационных средств), включая оценку их возможного совместного участия в процессе реализации проекта, должны выполнять квалифицированные специалисты.

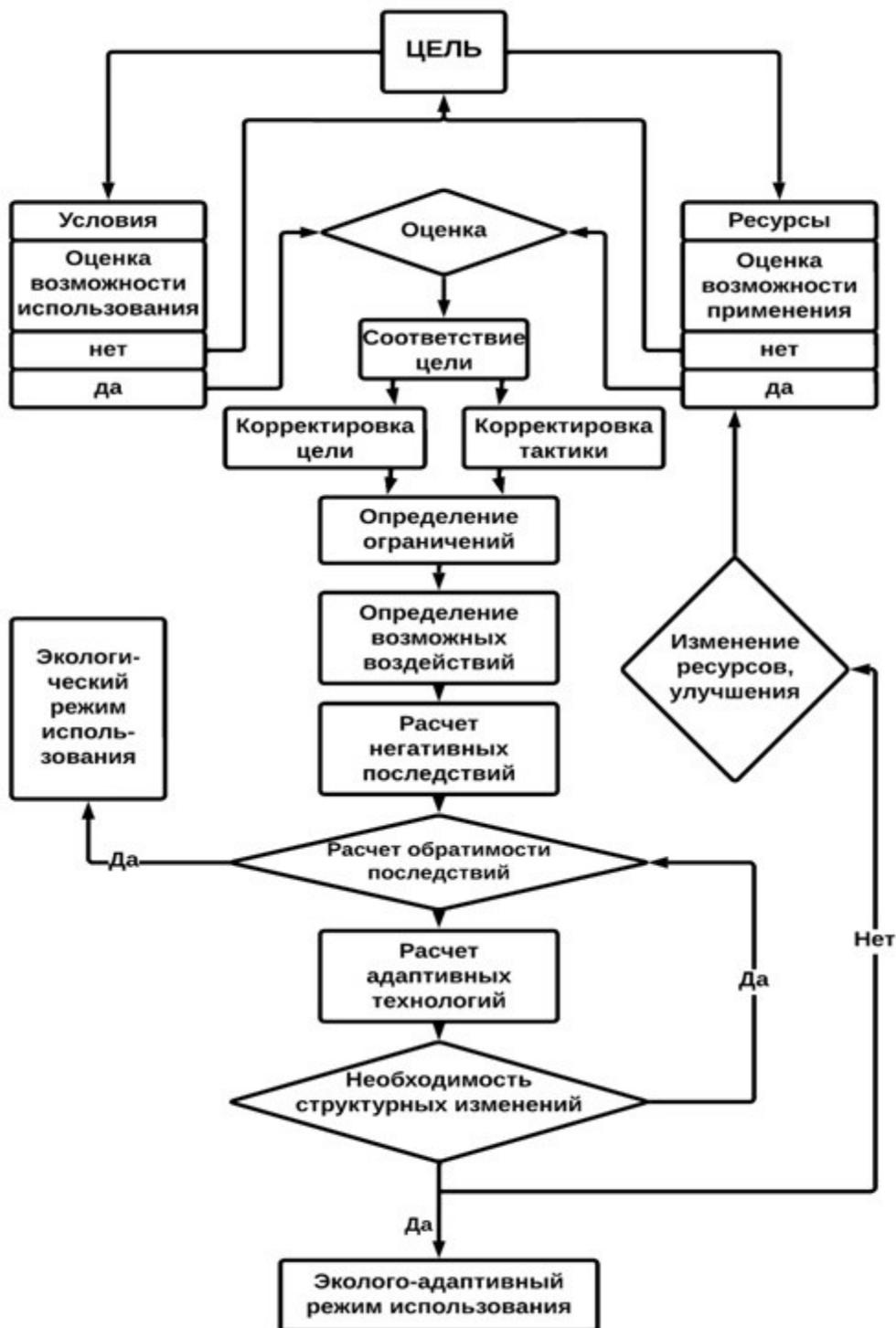


Рисунок 3 – Алгоритм выработки эколого-адаптивных мелиоративных управляющих воздействий

Figure 3 – Environmental-adaptive reclamation control action generation algorithm

Основные, наиболее часто встречающиеся, цели управления агро-системой в различных условиях следующие:

- нормальные – обеспечение растений водой в соответствии с их водопотребностью при соблюдении режимов увлажнения почвы с учетом всех экологических требований и с наибольшей экономичностью в пределах резистентной устойчивости;

- экстремальные (аварийные) (засуха, суховеи, заморозки и т. д.) – минимизация потерь от лимитирующих факторов за счет стабилизирующего воздействия, направленного на ликвидацию или локализацию экстремального воздействия с допустимым уровнем (в пределах упругой устойчивости) негативного воздействия на экосистему;

- постэкстремальные – предотвращение развития негативных внутренних последствий при помощи мелиоративных воздействий, направленных на стабилизацию агросистемы, сведение ущерба к минимуму (переход от упругой устойчивости к резистентной).

Для современных агросистем решение этих задач возможно при правильном выборе тактики мелиоративных воздействий. Можно воздействовать как на конкретный элемент агросистемы, например, поверхностное внесение минеральных удобрений (структурные воздействия), так и опосредованно, через функциональную часть, например, внесение удобрений методом фертигации.

Оптимизация любых процессов должна быть связана со знанием граничных условий. В традиционных режимах орошения это наименьшая влагоемкость (НВ), верхняя граница оптимального увлажнения и нижняя граница, составляющая определенный процент от НВ в зависимости от орошаемой культуры и гранулометрического состава почв.

Блок определения ограничений ставит своей целью недопущение использования заведомо неприемлемых технологий, машин, качества воды, качества почвы и т. д., а также их сочетаний. В этом блоке уточняются ограничения и их допустимые пределы исходя из позиций экологии.

Следующий этап анализа состоит в изучении всех возможных техно-

логий работы мелиоративного объекта существующей конструкции с целью обнаружения возможных экологически недопустимых последствий. На этой стадии обоснования орошения целесообразно подключение к данному процессу всех заинтересованных сторон (экологов, географов, социологов и т. д.).

Первичная экологическая оценка может считаться завершенной в том случае, когда общие выводы экспертов покажут, что экологически недопустимые последствия орошения отсутствуют или характер изменений является обратимым. Если результирующий вывод проделанной экспертизы вполне однозначен, останавливаемся на экологическом режиме использования.

Если же проведенный анализ последствий не привел в итоге к аналогичному выводу или к единому мнению специалистов, то возникает необходимость в уточнении и пересмотре первоначально принятых технологий.

Рассматривается возможность применения других технологий с перебором всех вероятных вариантов их совместного использования. В ситуации, когда это не приводит к положительному результату и не обеспечивает выход на путь экологической безопасности, требуется проанализировать и изменить (улучшить) ресурсное обеспечение (улучшение качества поливной воды, увеличение скорости получения информации и т. д.).

Если по-прежнему при всех вариативных усилиях положительного результата не достигнуто, т. е. характер экологических изменений является необратимым, то можно с уверенностью утверждать, что в данном конкретном случае рекомендуемые технологии нецелесообразны. Данное положение корреспондируется с предложениями других ученых-мелиораторов [3, 11, 12].

Предложенный метод выработки управляющих эколого-адаптивных решений достаточно сложен и трудоемок. Однако он позволяет учесть широкий диапазон социально-правовых, биологических, энергетических, экономических, технических и прочих факторов.

Выводы. Предложен алгоритм выработки экологически безопасных управляющих решений с применением расширенного кибернетического эколого-мелиоративного блока, совместное использование которых предоставляет реальную возможность четко определить место и цель привлечения каждого из возмущающих негативных для экологической сбалансированности рассматриваемых факторов в процессе мелиоративной деятельности и при высокой доле абстракции создавать алгоритм формирования управляющих воздействий с адаптацией их к конкретным условиям орошаемого агроландшафта.

Список источников

1. Глобальный климат и почвенный покров: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство): нац. докл. / Р. С. Х. Эдельгириев [и др.]. Т. 3. М.: МБА, 2021. 700 с.
2. ГИС-технологии для определения объемов неиспользуемых земель на оросительных системах левобережья Волгоградского водохранилища / В. С. Бочарников, О. А. Корчагина, А. В. Соловьев, С. С. Марченко, О. А. Матвеева, В. И. Кузнецов, А. А. Бондаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3(67). С. 415–423. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-47.
3. Проблема неиспользуемых земель в Российской Федерации и пути ее решения / В. Н. Семочкин, П. И. Шаров, М. Р. Шадманов, К. А. Зименкова // Московский экономический журнал. 2020. № 3. С. 75–84. DOI: 10.24411/2413-046X-2020-10154.
4. Соловьев А. В. Состояние и перспективы развития мелиорации в Волгоградской области // Орошаемое земледелие. 2018. № 1. С. 7–8.
5. Лытов М. Н. Компоненты экологической модели повторно осваиваемых мелиорированных земель Юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2(66). С. 498–506. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-60.
6. Effect of the structure of artificial rain on the soil / V. S. Bocharnikov, J. V. Kozinskaya, M. A. Denisova, O. V. Bocharnikova, T. V. Repenko, E. V. Pustovalov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 965. AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, 12–14 May 2021, Volgograd, Russian Federation. 2022. 012008. DOI: 10.1088/1755-1315/965/1/012008.
7. Kireycheva L. V. Evaluation of efficiency of land reclamation in Russia // Journal of Agriculture and Environment. 2018. № 3(7). P. 1–6. DOI: 10.23649/jae.2018.3.7.1.
8. Кирюшин В. И. Задачи и программа научно-инновационного обеспечения земледелия и землепользования: метод. рекомендации. М.: МБА, 2023. 116 с.
9. Design and operation of farm irrigation systems. ASAE Monograph No. 3 / ed. by M. E. Jensen. Revised Printing. 1983. 829 p.
10. Hilbig B. E., Allen E. B. Fungal pathogens and arbuscular mycorrhizal fungi of abandoned agricultural fields: potential limits to restoration // Invasive Plant Science and Management. 2019. Vol. 12, № 3. P. 186–193. DOI: 10.1017/inp.2019.19.

11. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Технологические функции технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2(58). С. 307–319. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-30.

12. Лытов М. Н. Биосферно-экологические принципы создания гидромелиоративных систем с функцией компенсации климатических рисков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3(67). С. 533–542. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-60.

References

1. Edelgiriev R.S.Kh. [et al.], 2021. *Global'nyy klimat i pochvennyy pokrov: proyavleniya zasukhi, mery preduprezhdeniya, bor'by, likvidatsiya posledstviy i adaptatsionnye meropriyatiya (sel'skoe i lesnoe khozyaystvo): nats. doklad* [Global Climate and Soil Cover: Drought Manifestations, Prevention and Control Measures, Elimination of Consequences and Adaptation Measures (Agriculture and Forestry): National Report], vol. 3, Moscow, MBA, 700 p. (In Russian).

2. Bocharnikov V.S., Korchagina O.A., Solovyov A.V., Marchenko S.S., Matveeva O.A., Kuznetsov V.I., Bondarenko A.A., 2022. *GIS-tehnologii dlya opredeleniya ob'emov neispol'zuyemykh zemel' na orositel'nykh sistemakh levoberezh'ya Volgogradskogo vodokhranilishcha* [GIS technologies for determining the volume of unused land on irrigation systems of the left bank of the Volgograd reservoir]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 3(67), pp. 415-423, DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-47. (In Russian).

3. Semochkin V.N., Sharov P.I., Shadmanov M.R., Zimenkova K.A., 2020. *Problema neispol'zuemykh zemel' v Rossiyskoy Federatsii i puti yeye resheniya* [The problem of unused land in the Russian Federation and ways of its solution]. *Moskovskiy ekonomicheskiy zhurnal* [Moscow Economic Journal], no. 3, pp. 75-84, DOI: 10.24411/2413-046X-2020-10154. (In Russian).

4. Soloviev A.V., 2018. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya melioratsii v Volgogradskoy oblasti* [The state and prospects of land reclamation development Volgograd region]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 1, pp. 7-8. (In Russian).

5. Lytov M.N., 2022. *Komponenty ekologicheskoy modeli povtorno osvvaivaemykh meliorirovannykh zemel' Yuga Rossii* [Components of the ecological model of re-developed reclaimed lands of the South of Russia]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 2(66), pp. 498-506, DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-60. (In Russian).

6. Bocharnikov V.S., Kozinskaya J.V., Denisova M.A., Bocharnikova O.V., Repenko T.V., Pustovalov E.V., 2022. Effect of the structure of artificial rain on the soil. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 965. AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, 12-14 May 2021, Volgograd, Russian Federation, 012008, DOI: 10.1088/1755-1315/965/1/012008.

7. Kireycheva L.V., 2018. Evaluation of efficiency of land reclamation in Russia. *Journal of Agriculture and Environment*, no. 3(7), pp. 1-6, DOI: 10.23649/jae.2018.3.7.1.

8. Kiryushin V.I., 2023. *Zadachi i programma nauchno-innovatsionnogo obespecheniya zemledeliya i zemlepol'zovaniya: metod. rekomendatsii* [Tasks and Program of Scientific and Innovative Support for Agriculture and Land Use: method. guide]. Moscow, MBA, 116 p. (In Russian).

9. Jensen M.E. (ed.), 1983. Design and operation of farm irrigation systems. ASAE Monograph, no. 3. Revised Printing, 829 p.

10. Hilbig B.E., Allen E.B., 2019. Fungal pathogens and arbuscular mycorrhizal fungi of abandoned agricultural fields: potential limits to restoration. *Invasive Plant Science and Management*, vol. 12, no. 3, pp. 186-193, DOI: 10.1017/inp.2019.19.

11. Borodychev V.V., Lytov M.N., 2020. *Tekhnologicheskie funktsii tekhnicheskoy sistemy dlya regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrofytotsenoza i kompleksnoy protektsii posevov ot klimaticheskikh riskov* [Technological functions of a technical system for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis and integrated crop protection from climatic risks]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 2(58), pp. 307-319, DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-30. (In Russian).

12. Lytov M.N., 2022. *Biosferno-ekologicheskie printsipy sozdaniya gidromeliorativnykh sistem s funktsiey kompensatsii klimaticheskikh riskov* [Biosphere-ecological principles of creating hydro-reclamation systems with the function of compensating climate risks]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 3(67), pp. 533-542, DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-60. (In Russian).

Информация об авторе

С. Я. Семененко – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Волгоград, Российская Федерация, sergeysemenenko@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5992-8127>, AuthorID: 568460.

Information about the author

S. Ya. Semenenko – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Volgograd, Russian Federation, sergeysemenenko@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5992-8127>, AuthorID: 568460.

*Автор несет ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.
The author is responsible for violation of scientific publication ethics.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 14.09.2023; одобрена после рецензирования 23.10.2023; принята к публикации 09.11.2023.
The article was submitted 14.09.2023; approved after reviewing 23.10.2023; accepted for publication 09.11.2023.*