

Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

Научная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-3-6-13>

УДК 631.67:631.524.84:631.559



ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНВЕРГЕНТНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ МЕЛИОРАТИВНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

О.В. Каблуков[✉], О.М. Кузина, Ю.А. Мырксина

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 19, корп. 28, Россия

Аннотация. Цель и направление исследований – разработка научно обоснованной методики по оценке влияния конвергентных процессов на влагопотребность и урожайность культур при мелиоративном воздействии. Сопутствующей целью является разработка алгоритма проектирования и управления технологическими процессами целенаправленного, экологически безупречного мелиоративного преобразования земель сельскохозяйственного назначения в складывающихся природно-климатических и хозяйственных условиях. Продуктивность сельхозкультур является вещественным результатом адаптационной селекции, совокупности агротехнологий, технологии орошения и водоотвода, продуктивности почвенного слоя, складывающихся климатических факторов и режима влажности в экотопах агроценоза. Технологии оросительных мелиораций служат источником воздействия и регулирующим фактором экотопов при природообустройстве, оказывают наиболее позитивное влияние на уровень продуктивности сельхозкультур по сравнению с другими агротехническими мероприятиями, особенно для условий аридного климата. Для оценки эффективности оросительных мелиораций рекомендуется использовать методики определения оптимальных диапазонов значений для комплексных факторов конвергентных процессов. Наиболее важный фактор – водопотребность сельхозкультур в конкретных природно-хозяйственных условиях агроценоза – научно обоснованный интегральный показатель для расчета параметров режима орошения с учетом его влияния на прогнозируемую урожайность. Разработанные с учетом рекомендаций по возделываемым культурам, модели прогнозируемой продуктивности позволяют описывать динамику режима водопотребления растений в заданных условиях агромелиоративной деятельности на орошаемых угодьях и получать обоснование критериев оценки эффективности конвергентных технологий, влияющих на водопотребность культур и агроценоза (агросистемы) при природообустройстве.

Ключевые слова: продуктивность сельхозкультур, конвергентные технологии, водопотребность и водопотребление культур, экономическое и технологическое обоснование, режим орошения

Формат цитирования: Каблуков О.В., Кузина О.М., Мырксина Ю.А. Оценка влияния конвергентных процессов на продуктивность сельскохозяйственных культур при мелиоративном воздействии // Природообустройство. 2025. № 3. С. 6-13. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-3-6-13>

Original article

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CONVERGENT PROCESSES ON CROP PRODUCTIVITY DURING LAND RECLAMATION

O.V. Kablukov, O.M. Kuzina, Yu.A. Myrksina

Russian state agrarian university – Timiryazev Moscow Agricultural Academy; A.N. Kostyakov Institute of Land Reclamation, Water Management and Construction; 19 Pryanishnikova St., bldg. 28, Moscow, 127434. Russia

Abstract. The purpose and direction of this study is to develop a scientifically based methodology for assessing the impact of convergent processes on moisture demand and crop yields during land reclamation. A related goal is to develop an algorithm for designing and managing technological processes

for purposeful, environmentally sound reclamation of agricultural land under prevailing climatic and economic conditions. The productivity of agricultural crops is a material result of adaptive breeding, a combination of agricultural technologies, irrigation and drainage technologies, soil layer productivity, emerging climatic factors and humidity conditions in ecotopes of the agrocenosis. Irrigation reclamation technologies serve as a source of influence and a regulating factor of ecotopes in environmental management, and have the most positive effect on the level of crop productivity compared to other agrotechnical measures, especially for arid climate conditions. To assess the effectiveness of irrigation reclamation, it is recommended to use methods for determining the optimal ranges of values for complex factors of convergent processes. The most important factor is the water demand of agricultural crops in specific natural and economic conditions of the agrocenosis – a scientifically based integral indicator for calculating the parameters of the irrigation regime, taking into account its impact on the projected yield. The models of predicted productivity developed taking into account the recommendations on cultivated crops make it possible to describe the dynamics of plant water consumption in the given conditions of agro-reclamation activities on irrigated lands and to obtain justification for criteria for evaluating the effectiveness of convergent technologies affecting the water demand of crops and agrocenosis (agrosystem) in environmental management.

Keywords: productivity of agricultural crops, convergent technologies, water demand and water consumption of crops, economic and technological justification, irrigation regime

Format of citation: Kablukov O.V., Kuzina O.M., Myrksina Yu.A. Assessment of the impact of convergent processes on crop productivity during land reclamation // Prirodoobustrojstvo. 2025. № 3. P. 6-13. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-3-6-13>

Введение. Урожайность сельскохозяйственных культур – основной показатель продуктивности воздействий мелиоративных процессов при природообустройстве – является комплексной результирующей совокупности факторов: достижений адаптивной селекции для условий орошения, агротехнических мероприятий, оптимальности питательного, теплового и влажностного режимов в активном слое почвы, позитивного влияния складывающихся параметров экотопов агроценоза. С урожайностью сельскохозяйственных культур взаимосвязаны ключевые индикаторы мелиоративного производства: производительность труда при поливах, фондоотдача, эффективность использования водных ресурсов, эффективность мелиорированных земель, и в итоге – рентабельность отраслей растениеводства и животноводства [1]. Прогнозирование урожайности на мелиорируемых землях является наиболее распространенной оптимизационной процедурой, которая выполняется с целью определения эффективности запроектированных или эксплуатационных технологических мероприятий.

Технологические процессы мелиоративных воздействий обеспечивают оптимальный уровень влажности корнеобитаемого слоя почвы, влагоемкости и водопроницаемости почвенных и подстилающих горизонтов, параметры структуры и агротехнические кондиции пахотного слоя почвы, внесения минеральных и органических удобрений, засоленности и степень промывки почв от засоления, воздействия водных потоков и капель дождя при орошении на состояние пахотного слоя и микроклимат приземного слоя воздуха,

недопущение эрозии и смыва почвы, состояния листовой поверхности растений и др. [2, 3]. Водохозяйственные эксплуатационные технологии обеспечивают нормативное техническое состояние сооружений и элементов мелиоративной сети и поливной техники, своевременность проведения запланированных мероприятий [3].

Функциональное назначение мелиоративных преобразующих и корректирующих воздействий достигается посредством конвергентных технологий, как правило, комплексных или гибридных по способу производства работ, пролонгированных во времени и масштабных по пространству применения. Конвергентный подход к созданию новых и совершенствованию существующих технологий оросительных мелиораций и оптимизации водопользования в АПК позволяет сформироваться устойчивой тенденции расширения функций процессов регулирования водного режима непосредственно в корнеобитаемом слое почвы. Оптимизация режима влажности почвы способствует увеличению продуктивности за счет корреляции взаимосвязи между потреблением необходимого количества воды растениями и технологией подачи воды в активный слой почвы. По отношению к мелиорации как синтетической сферы деятельности конвергенция проявляется и обнаруживается во фрагментарном слиянии методологий сопряженных аграрных направлений: агрофизики почв, агротехники, мелиоративного земледелия, гидротехники и водного хозяйства, прикладной экологии, комплексного природопользования и некоторых других [4].

Цель исследований: разработка научно обоснованной методики по оценке влияния конвергентных процессов на влагопотребность и урожайность культур при мелиоративном воздействии.

Сопутствующей целью является разработка алгоритма проектирования и управления технологическими процессами целенаправленного, экологически безупречного мелиоративного преобразования земель сельскохозяйственного назначения в складывающихся природно-климатических и хозяйственных условиях. По рассматриваемой проблеме опубликованные результаты научных исследований содержат противоречивые и неоднозначные выводы [5-7], поэтому обобщение и систематизация имеющихся сведений и баз данных являются задачей данной статьи.

Материалы и методы исследований.

Экономический смысл проведенных в данных исследованиях мелиоративных и агротехнических мероприятий заключается в повышении урожайности сельскохозяйственных культур на орошаемых угодьях за счет поддержания на оптимальном уровне параметров экотопов агроценоза в складывающихся погодных условиях [8, 9].

Проведенные исследования имели целью выявить преобладающие факторы, определяющие величину потребления воды полем на транспирацию, испарение, накопление органической массы и решение дополнительных задач, связанных с поддержанием высокого уровня плодородия почв. Для достижения цели решались задачи: по определению зависимости величины урожая от водного режима мелиорируемого поля для различных условий; по выявлению общих закономерностей трансформации водного режима на орошаемом поле в течение вегетации и методов их реализации при осуществлении мелиоративных мероприятий [10].

Исследования для целей прогнозирования урожайности культур были проведены для выяснения характера изменения расчетных значений биоклиматических коэффициентов в зависимости от обуславливающих их факторов, и в первую очередь – от величины влагообеспеченности для отдельных культур, выращиваемых в разных почвенных, климатических и хозяйственных условиях [11, 12].

Результаты и их обсуждение. Поскольку основным показателем оценки продуктивности мелиорированных земель является урожайность культур, необходима количественная оценка влияния на нее факторов техногенной и природной сред, управляемых средствами мелиоративного воздействия [13]. Плодородие – это

свойство почвы, которое имеет эмерджентную фактуру и появляется при конвергентном взаимодействии ее компонентов. При этом необходимо отметить, что повышение плодородия является одним из лимитирующих факторов (наряду с ограничениями по ресурсам) тактической цели – повышения урожайности, то есть при мелиоративном воздействии повышение урожайности должно не только не снижать естественного плодородия почв (не допускать эрозии, истощения, засоления, затопления, загрязнения ядохимикатами, удобрениями и т.п.), но и неуклонно способствовать его повышению, что выходит за рамки оптимумов управляемых факторов [13]. Среди основных управляемых факторов при мелиорации – водопотребление растений, которое определяется в первую очередь продуктивными влагозапасами в почве.

На рисунке 1 приведены данные исследований [14], которые отражают динамику накопления потенциального урожая кормовых трав и его качественных показателей (при заданной урожайности $200 \text{ ц} \cdot \text{га}^{-1}$) для варианта с тремя поливами, совмещаемыми с тремя подкормками. При формируемом в этом варианте опыта оптимальном объеме влагозапасов в почве устраняется дефицит азотного питания, исключается перерасход ресурсов, тем самым достигается удовлетворительное приближение уровня программируемого урожая к потенциальному уровню.

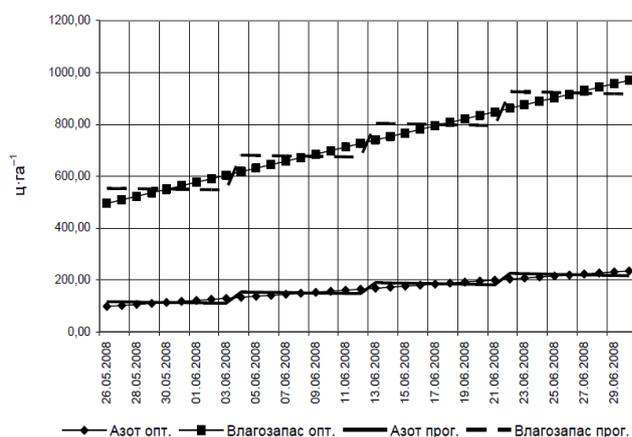


Рис. 1. Продуктивность динамики влагозапасов в почве и содержания доступного азота в почве «потенциального» (пот.) и программируемого (прог.) урожая для варианта технологии с тремя подкормками и тремя поливами кормовых трав [14]

Fig. 1. Productivity of the dynamics of moisture reserves in the soil and the content of available nitrogen in the soil of “potential” (pot.) and programmable (prog.) yields for a variant of the technology with three top dressing and three watering of forage grasses [14]

В орошаемом земледелии получили распространение методы прогнозирования урожайности по уровню влагообеспеченности растений для различных почв в зависимости от фаз развития растений и прироста биомассы. Современные прогностические алгоритмы, разработанные на базе искусственного интеллекта, используют десятки параметров, которые интегрируются по группам. Группы показателей в свою очередь отличаются способами расчета и набором учитываемых факторов. Такой подход позволяет получить высокую степень достоверности получаемых результатов. Например, методы прогнозирования на основе спектральных индексов в среднем показывают отклонение от истинной фактической урожайности культуры не более 10% [15].

Обоснование алгоритма имитационной системы моделирования в виде комплекса компьютерных программ, позволяющих рассчитывать и прогнозировать мелиоративное воздействие для получения позитивного результата целеполагания без негативных воздействий на сопряженные участки или территории. Под мелиоративным воздействием подразумевается направленное на систему (подсистему, процесс или иной объект) технологическое действие, оказывающее влияние на ее качество в заданном направлении для улучшения полезности.

Одной из областей использования методов системного анализа в теории эксплуатации мелиоративных систем является сфера (система) управления, отличающаяся значительным собственным разнообразием и построенная по иерархическому принципу. При моделировании технологических процессов в мелиорации в системе управления выделяются 3 подсистемы (рис. 2): принятие решения (*инициация*

и планирование); управление выполнением решения (*управление*); решение с помощью различных технических или иных средств (*исполнение и завершение*) [16].

Режим орошения и производящая его техника полива как категории, определяющие интенсивность и длительность (темпоральность) конвергентного воздействия мелиораций на растение и среду его обитания (почва-приземный слой воздуха), тесно связаны друг с другом. Управление многоуровневого конвергентного взаимодействия факторов жизни растения не исчерпывается основным назначением техники полива – осуществления заданного режима орошения. Например, растения всегда требуют оптимально высокую влажность почвы, но для процессов почвообразования создание даже слабоброшмывных режимов противопоказано, так как при этом замедляется накопление гумуса. Водно-физические свойства и продуктивность активного слоя почвы непосредственно определяют водопотребность растений в ходе вегетации и являются объектом мелиоративного воздействия. Продуктивность активного слоя почвы заключается в способности обеспечивать растение на протяжении вегетации элементами питания – продуктивным веществом.

Возникает непростая технологическая проблема разрешения противоречия между скоростью накопления продуктивного вещества и динамикой его расходования. Необходимы компромиссные оптимизационные мероприятия по снижению длительности и интенсивности водоподдачи и водораспределения. Опыт оптимизации или согласования требований растений и почвы в смысле сохранения и повышения ее плодородия показывает, что нужно ориентироваться на сбалансированную величину недополучения урожая по сравнению с потенциально возможной. Методика орошаемого земледелия по программируемой водопотребности не только повышает устойчивость агрогеосистемы, но и уменьшает потребность в ресурсах.

Для орошаемых культур, выращиваемых по технологии, учитывающих реальную водопотребность, предопределяется уменьшение оросительных норм в пределах 7-14%, и как следствие – уменьшение нагрузки на мелиорируемый агроценоз с прилегающими территориями [17]. Создание оптимальных мелиоративных режимов обеспечивается контроллинговыми методами при управлении объектами мелиоративных систем.

Конвергентные мелиоративные процессы способствуют и обеспечивают целенаправленное изменение условий функционирования

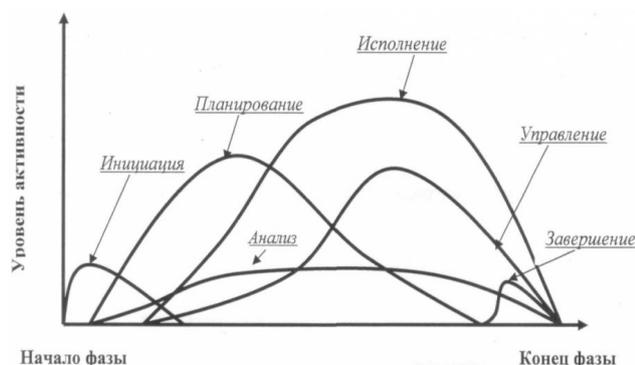


Рис. 2. Способы и виды отображения параметрической информации, используемой для моделирования технологических процессов в мелиорации
Fig. 2. Methods and types of displaying parametric information used for modeling technological processes in land reclamation

почв и управляемых экотопов агроценоза путем непосредственного воздействия на природные процессы влагооборота, в том числе на факторы формирования урожая – тепловой и питательный режимы почвы как наиболее продуктивные факторы жизни растений. Одновременно происходит управляемое воздействие на сопряженные конвергентные биогенные, геохимические и гравитационные процессы, в результате чего обеспечивается прямой экономический эффект в виде повышения интегральной продуктивности угодий [9, 16].

Таким образом, алгоритм создания информационно-аналитической базы интегральных показателей и моделей расчета водопотребности культур при конвергентных процессах мелиоративного воздействия для прогнозирования урожая включает в себя следующие элементы (рис. 3): наименование и назначение процесса (набор объектов); интенсивность и длительность процесса (переработка информации); описание объекта и характера воздействия.

Влияние на управляемые факторы жизни растений водного режима почвы и приземного воздуха (Θ) определяется функциональной зависимостью, в которой урожайность или ее прирост (ΔY_{\max}) – главный аргумент:

$$\Theta = \Delta Y_{\max} \prod_{i=1}^n [1 - (1 - f_i)^2], \quad (1)$$

где Θ – эффективность управления факторами развития растений; ΔY_{\max} – максимальный прирост урожайности

при оптимальном обеспечении управляемыми факторами; f_i – относительная величина i -го фактора, влияющего на урожайность; n – число факторов, влияющих на урожай.

Например, к потенциальным факторам урожайности корнеобитаемого слоя почвы относятся плотность, пористость, механический состав и прочность агрегатов, водно-физические константы (водопроницаемость, скорость впитывания и фильтрации, водоудерживающая способность, гидравлическая проводимость), химический состав (емкость поглощения, засоленность), биологический состав (содержание гумуса, уровень плодородия), а также степень аэрации, температура профиля, уровень залегания грунтовых вод. Среди активно влияющих на урожайность культур метеофакторов – все виды осадков, испаряемость, температура и влажность воздуха, направление и сила ветра, освещенность, напряженность солнечной радиации, продолжительность дня и продолжительность периода с положительными средними температурами воздуха.

На рисунке 4 представлен график влияния управляемых факторов жизни растений на урожайность.

Параметры факторов (f) определяются дефицитом ресурса (DR) данного агроценоза или угодья, которые вычисляются соотношением:

$$F = DR_i - DR_{\min} / DR_{\max} - DR_{\min}, \quad (2)$$

где $DR_{\min} < DR < DR_{\max}$ – соответственно значение i -го ресурса в данном регионе агроландшафта, верхнее и нижнее его граничные значения по экотопам агроценоза.

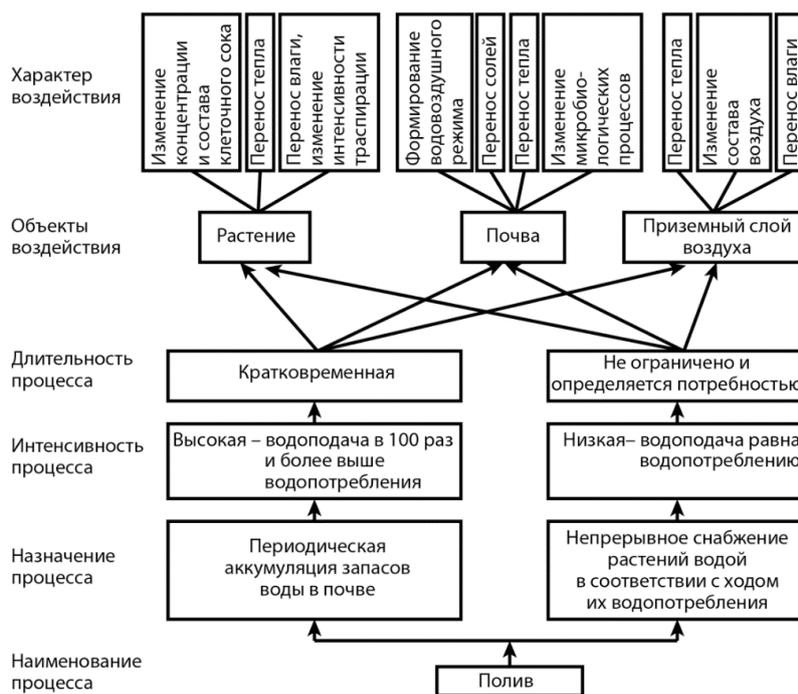


Рис. 3. Алгоритм воздействий конвергентных мелиоративных процессов на растение и среду [18]

Fig. 3. Algorithm of effects of convergent reclamation processes on plants and the environment [18]

Влияние отдельного фактора, находящегося на минимальном уровне и существенно влияющего на урожайность, оцениваются зависимостью:

$$\Theta_i = \Delta Y_i [1 - (1 - f_i)^2], \quad (3)$$

где ΔY_i – прирост урожайности при оптимальном обеспечении i -м фактором, например, влажностью корнеобитаемого слоя почвы.

На рисунке 5 приведены серии характерных графиков зависимости групп факторов, влияющих на урожайность, полученных путем интеграции опытных данных из различных источников [7, 8, 10-14].

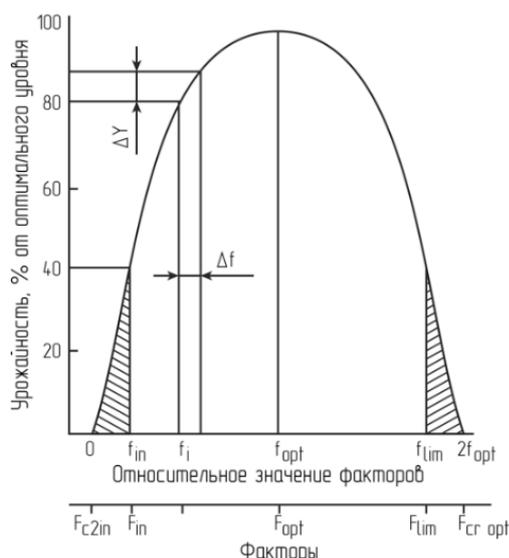


Рис. 4. Влияние управляемых факторов жизни растений на урожайность

Fig. 4. The influence of controlled plant life factors on yield

Выводы

Анализ мелиоративного воздействия посредством конвергентных технологий на компоненты окружающей среды, прежде всего на микроклимат приземного слоя воздуха, активный почвенный слой и в итоге на урожайность культивируемых растений, показывает, что формируются экологические и экономические условия функционирования экотопов агроценоза, связанные с необходимостью предупреждения истощения и сохранения водных ресурсов, деградации почв, сохранения биоразнообразия на севооборотных массивах, обоснования общей стратегии развития агропроизводства в регионе.

Актуальность использования понятия водопотребности для расчетов прогнозируемого уровня урожайности сельхозкультур севооборотного массива заключается в том, что при подборе соответствующей поливной техники, определении

Разработанные с учетом водопотребности культур, модели прогнозируемой урожайности позволяют описывать динамику режима водопотребления растений в условиях конкретной агромелиоративной деятельности на орошаемых угодьях и получать обоснование критериев оценки эффективности конвергентных технологий, влияющих на водопотребность культур и агроценоза (агросистемы) при природообустройстве. Основное назначение параметра водопотребности – определить с высокой степенью достоверности достаточное количество воды при складывающихся природных и хозяйственных условиях для получения запрограммированного урожая каждой культуры севооборотного массива.

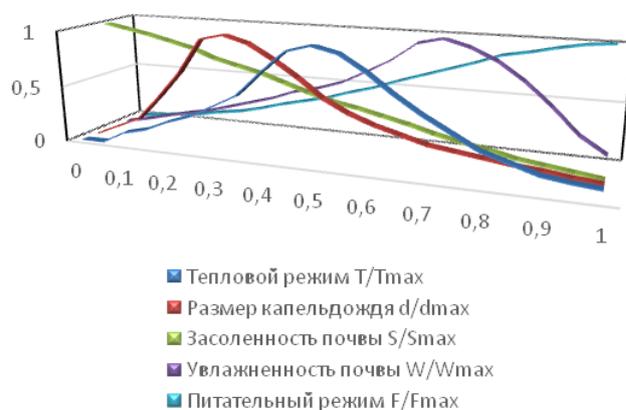


Рис. 5. Графическое отображение влияния природных и технологических управляемых факторов на урожайность культур

Fig. 5. Graphical representation of the influence of natural and technological controlled factors on crop yields

технологии и технических средств полива, при расчете технологических параметров режима орошения, назначении эксплуатационных норм орошения культур и норм полива для конкретных почв обеспечивается оптимальная динамика режима водопотребления растений в условиях конкретной агромелиоративной деятельности на орошаемых угодьях и может быть получено обоснование объективных критериев оценки техногенных и природных компонентов, влияющих на водопотребность культур.

Экономическая функция управления конвергентными процессами, обеспечивающих заданные мелиоративные воздействия, заключается в сохранении, восстановлении и возможном повышении плодородия почв сельхозугодий. В то же время плодородие почвы как показатель не является конечной целью. Плодородие рассматривается как важнейший фактор получения наилучшего урожая возделываемых культур

при складывающихся природных условиях. Именно этот показатель является главной целью управляющих воздействий на мелиоративных системах. Вместе с тем следует учитывать

важное и непреложное обстоятельство того, что требования культивируемых растений и требования почвы не всегда совпадают – они могут вступать в противоречие.

Список использованных источников

1. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: Информ. издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 304 с.
2. Каблуков О.В. Классифицирующие параметры мелиоративных воздействий и преобразований // Доклады ТСХА. Сборник статей, Выпуск 293, М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2021. С. 13-16.
3. Каблуков О.В. Формирование функциональных блоков гидромелиоративных систем высокого ранга организованности / О.В. Каблуков, К.С. Семенова // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 5. С. 18-24. <https://doi.org/10.32962/0235-2524-2021-5-18-24>
4. Каблуков О.В. Ленд-девелопмент – новый профиль и направление природообустройства // Природообустройство. 2015. № 2. С. 24-27. EDN: UFEXEN
5. Развитие системы мелиорации в России – дополнительный фактор повышения плодородия полей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://agroday.ru/interview/razvitie_sistemy_melioracii_v_rossiidopolnitelnyi_faktor_povysheniya_plodorodija_polei/, 2013.
6. Ольгаренко И.В. Управление технологическими процессами на экологически сбалансированных оросительных системах // Мелиорация и водное хозяйство. 2007. № 4. С. 26-31. EDN: IBPFWN
7. Donghyun JeonYuna, Kang Solji, Lee Sehyun, Choi Yeonjun Sung, Tae-Ho Lee Changsoo, Kim Digitalizing A new trend of next-generation breeding based on genomic prediction. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1092584/full>
8. Методика оценки экономической эффективности мероприятий по реконструкции мелиоративных систем с учетом технического состояния гидромелиоративных объектов, вероятностного характера изменения природно-климатических условий, хозяйственных, экологических и социальных условий функционирования, мелиорируемых агроландшафтов, экологической ценности природных экосистем, степени эрозии, структуры природных ландшафтов и ущерба здоровью человека: Научное издание. Коломна: ИП Воробьев О.М., 2015. 116 с.
9. Разработка научно-методического обоснования и определение перспективы использования водных ресурсов Северо-кавказского федерального округа Российской Федерации, а также научно обоснованных рекомендаций по повышению эффективности использования водных ресурсов Северо-кавказского федерального округа Российской Федерации при мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на основе водного баланса территории (отчет о НИР заключительный за 2021-2023 гг.) отчет о НИР/НИОКР (итоговый) Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»: Коломна 2023. Номер государственной регистрации: 22312050005. 941 с.
10. Пчелкин В.В. Суммарное водопотребление люцерны на дерново-подзолистых почвах водоразделов Московской области / В.В. Пчелкин В.В., Ю.И. Сухарев, О.М. Кузина, С.О. Владимиров // Природообустройство. 2020. № 1. С. 47-53. DOI: 10.34677/1997-6011/2020-1-47-54

References

1. Land reclamation complex of the Russian Federation: inform. edition. Moscow: FSBIU Rosinformagrotech, 2020. 304 p.
2. Kablukov O.V. Classifying parameters of reclamation impacts and transformations // In the collection: TLC REPORTS. Collection of articles, Issue 293, Moscow: Publishing House of RGAU-MSHA, 2021. P. 13-16
3. Kablukov O.V., Semenova K.S. Formation of functional blocks of hydro-reclamation systems of high degree of organization // Land reclamation and water management. 2021. No. 5. P. 18-24. <https://doi.org/10.32962/0235-2524-2021-5-18-24>
4. Kablukov O.V. Land development – a new profile and direction of environmental management. / Prirodoobustrojstvo. 2015. No. 2. P. 24-27. EDN: UFEXEN
5. The development of the land reclamation system in Russia is an additional factor in increasing the fertility of fields [Electronic resource]. – Access mode: http://agroday.ru/interview/razvitie_sistemy_melioracii_v_rossii_dopolnitelnyi_faktor_povysheniya_plodorodija_polei/, 2013.
6. Olgarenko I.V. Management of technological processes on ecologically balanced irrigation systems // Melioration and water management. 2007. No. 4. P. 26-31. EDN: IBPFWN
7. Donghyun JeonYuna, Kang Solji, Lee Sehyun, Choi Yeonjun Sung, Tae-Ho Lee Changsoo, Kim Digitalizing A new trend of next-generation breeding based on genomic prediction. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1092584/full>
8. Methodology for assessing the economic effectiveness of measures for the reconstruction of reclamation systems, taking into account the technical condition of hydro-reclamation facilities, the probabilistic nature of changes in natural and climatic conditions, economic, environmental and social conditions for the functioning of reclaimed agrolandscapes, the ecological value of natural ecosystems, the degree of erosion, the structure of natural landscapes and damage to human health: scientific. the publication. Kolomna: IP Vorobyov O.M., 2015. 116 p.
9. Development of a scientific and methodological justification and determination of the prospects for the use of water resources in the North Caucasus Federal District of the Russian Federation, as well as scientifically sound recommendations for improving the efficiency of the use of water resources in the North Caucasus Federal District of the Russian Federation in land reclamation for agricultural purposes based on the water balance of the territory (final research report for 2021-2023) Research and Development report (final) All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation and Agricultural Supply Systems “Raduga”: Kolomna 2023. State registration number: 22312050005. 941 p.
10. Pchelkin V.V., Sukharev Yu.I., Kuzina O.M., Vladimirov S.O. Total water consumption of alfalfa on sod-podzolic soils of the Moscow region watersheds. / Prirodoobustrojstvo. 2020. No. 1. P. 47-53. DOI: 10.34677/1997-6011/2020-1-47-54
11. Golovanov A.I., Pchelkin V.V., Gerasimov V.O., Kuzina O.M. The relationship between soil fertility and the water regime when growing potatoes on sod-podzolic soils. / Scientific life. 2018. No. 6. P. 85-94. EDN: XSFHUT

11. Голованов А.И. Взаимосвязь между плодородием почв и водным режимом при выращивании картофеля на дерново-подзолистых почвах / А.И. Голованов, В.В. Пчелкин, В.О. Герасимов, О.М. Кузина // Научная жизнь. 2018. № 6. С. 85-94. EDN: XSFHUT

12. Планирование водопользования при орошении сельскохозяйственных культур: Инструктивно-методическое изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. 172 с. ISBN 978-5-7367-1023-2.

13. Данильченко Н.В. Биоклиматические основы нормирования орошения (на примере ЦЧО, Поволжья, Северо-Кавказского регионов). М.: МГУП. 2009. 187 с. ISBN 5-89231-156-2.

14. Михайленко И.М. Современные этапы развития теории мелиорации сельскохозяйственных земель // Агрофизика 2012 № 1(5) с. 10-16. EDN: OZDVLP

15. Guo Y., Chen S., Li X., Cunha M., Jayavelu S., Cammarano D., et al. (2022). Machine learning-based approaches for predicting SPAD values of maize using multispectral images. Remote Sens. 14 (6), 1337. doi: 10.3390/rs14061337.

16. Жеруков Т.Б. Новое в подходах программирования и прогнозирования эффективности сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс] / Т.Б. Жеруков – Режим доступа: <http://novainfo.ru/article/8722>.

17. Методические указания по нормированию орошения с учетом корректировки биологических коэффициентов, дифференциации почвенно-климатических условий и пространственно-временной изменчивости гидрометеорологических факторов: метод. указ. М.: 2022. 80 с. ISBN 978-5-7367-1699-9.

18. Механизация полива. Справочник / Штепа Б.Г., Носенко В.Ф., Винников Н.В. и др. М: Агропромиздат, 1990. 336 с

12. Planning of water use in irrigation of agricultural crops: tools. – method. ed., Moscow: Rosinformagrotech, 2014. 172 p. ISBN 978-5-7367-1023-2.

13. Danilchenko N.V. Bioclimatic principles of irrigation rationing (on the example of the Central Agricultural District, the Volga region, the North Caucasus regions). Moscow: MGUP. 2009. 187 p.

14. Mikhaylenko I.M. Modern stages of development of the theory of agricultural land reclamation // Agrophysics 2012. No. 1(5) P. 10-16. EDN: OZDVLP

15. Guo Y., Chen S., Li X., Cunha M., Jayavelu S., Cammarano D., et al. (2022). Machine learning-based approaches for predicting SPAD values of maize using multispectral images. Remote Sens. 14 (6), 1337. doi: 10.3390/rs14061337.

16. Zherukov T.B. New in approaches to programming and forecasting the effectiveness of agricultural crops [Electronic resource] / T.B. Zherukov – Access mode: <http://novainfo.ru/article/8722>.

17. Methodological guidelines for rationing irrigation, taking into account the correction of biological coefficients, differentiation of soil and climatic conditions and spatial and temporal variability of hydrometeorological factors: method. Decree, Moscow, 2022, 80 p. ISBN 978-5-7367-1699-9.

18. Mechanization of irrigation. Handbook / Shtepa B.G., Nosenko V.F., Vinnikov N.V. and others-Moscow: Agropromizdat, 1990. 336 p.

Об авторах

Олег Викторович Каблук, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций; ORCID: 0000-0002-8022-7904; o.kablukov@rgau-msha.ru

Оксана Михайловна Кузина, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных мелиораций, ORCID: 0000-0001-9229-4306; kuzina_om@rgau-msha.ru

Юлия Александровна Мырксина, канд. эконом. наук, доцент кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, myrksina@rgau-msha.ru

About the authors

Oleg V. Kablukov, CSs (Eng), associate professor, associate professor of the department of agricultural land reclamation, ORCID: 0000-0002-8022-7904; o.kablukov@rgau-msha.ru

Oksana M. Kuzina, senior lecturer of the department of agricultural land reclamation; ORCID: 0000-0001-9229-4306; kuzina_om@rgau-msha.ru

Yulia A. Myrksina, CSs (Econ), associate professor of the department of accounting, finance and taxation; myrksina@rgau-msha.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Каблук О.В., Кузина О.М., Мырксина Ю.А. провели теоретические исследования, на основании которых выполнили обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interest

Вклад авторов

Каблук О.В. – разработка концепции статьи, обобщение и материалов исследований, редакция и написание текста

Кузина О.М. – сбор материалов и обработка экспериментальных данных,

Мырксина Ю.А. библиографический обзор и описание экономической части

Contribution of the authors

Kablukov O.V. – development of the concept of the article, presentation of the research materials, editing and writing of the text.

Kuzina O.M. – collection of materials and processing of experimental data,

Myrksina Yu.A. – bibliographical review and description of the economic part of the article.

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 25.12.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Received after peer review and revision 20.05.2025

Принята к публикации / Accepted for publication 20.05.2025

Kablukov O.V., Kuzina O.M., Myrksina Yu.A. conducted theoretical and experimental studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, they have copyright on the article and are responsible for plagiarism.