МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Материалы Международной научно-практической конференции

Горки, 2–3 апреля 2026 г.

Горки
Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия
2026

УДК 631.6.(06)
ББК 40.6я43
А43

Редакционная коллегия:
В. В. Великанов (гл. ред.), Ю. Н. Дуброва, О. П. Мешик,
С. В. Набздоров, В. И. Желязко, Ю. А. Мажайский, А. А. Волчек,
В. В. Копытовский, И. А. Романов, В. М. Лукашевич,
М. Г. О. Мустафаев, Е. А. Вчерашний (отв. секретарь)

Рецензенты:
кандидат технических наук, доцент О. П. Мешик;
директор КМУП «Брагинское ПМС» В. Г. Шейко

А43 **Актуальные научно-технические и экологические проблемы мелиорации земель** : материалы Международной научно-практической конференции / редкол.: В. В. Великанов (гл. ред.) [и др.]. – Горки : Бел. гос. с.-х. акад., 2026. – 138 с.
ISBN 978-985-882-891-2.

Приведены научные статьи ученых из стран СНГ. В статьях широко затронута проблема загрязнения и дефицита водных ресурсов. Особое внимание уделено вопросом водопотребления, внутрипочвенного влагообмена и распределения водных ресурсов при неравномерной влагообеспеченности.

Для научных работников, преподавателей и специалистов в области мелиорации земель. Подготовленные научные материалы печатаются с компьютерных оригиналов. За точность и достоверность представленных материалов ответственность несут авторы статей.

УДК 631.6(06)
ББК 40я43

ISBN 978-985-882-891-2

© Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2026

УДК 528.8

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРИРУЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭВАПОТРАНСПИРАЦИИ И СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ

А. Е. Беденко, мл. науч. сотрудник
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»,
п. Радужный, г. о. Коломенский, Московская обл.,
Российская Федерация

Ключевые слова: мелиорация, дистанционное зондирование земли, эвапотранспирация, спектральные индексы.

Аннотация. В статье рассматриваются современные методы дистанционной оценки влагообеспеченности мелиорируемых земель. Основное внимание уделено алгоритмам расчета эвапотранспирации (ET) как интегрального показателя состояния системы «почва – растение – атмосфера». Проведен сравнительный анализ спектральных индексов вегетации и термических данных в задачах оперативного управления орошением.

Keywords: land reclamation, remote sensing of the earth, evapotranspiration, spectral indexes.

Summary. The article discusses modern methods of remote assessment of moisture availability of reclaimed lands. The main attention is paid to algorithms for calculating evapotranspiration (ET) as an integral indicator of the state of the soil – plant – atmosphere system. A comparative analysis of spectral indices of vegetation and thermal data in the tasks of operational irrigation management is carried out.

Введение. Для эффективного управления мелиоративным режимом ключевое значение имеет точное определение фактических потерь влаги на испарение и транспирацию. Традиционные методы расчета эвапотранспирации по формуле Пенмана-Монтейта, опирающиеся на данные наземных метеостанций, обладают высокой точностью в точке измерения, но не учитывают пространственную неоднородность мелиоративных карт. Внедрение методов дистанционного зондирования в тепловом и оптическом диапазонах позволяет перейти от точечных

оценок к картированию динамики влагопотребления в масштабах всего орошаемого массива [1].

Спектральные индексы в мониторинге вегетации.

Использование стандартных индексов, таких как NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), остается базовым этапом мониторинга. Однако в условиях мелиорации NDVI часто проявляет эффект «насыщения» при достижении высокой биомассы, что затрудняет оценку состояния культур на пике вегетации. Для более точного мониторинга целесообразно использование EVI (Enhanced Vegetation Index), который менее чувствителен к влиянию почвенного фона [2].

Тем не менее, индексы вегетации отражают лишь последствия водного стресса, а не его текущую динамику. Для превентивного управления необходимо использование индексов влажности, таких как NDMI (Normalized Difference Moisture Index), базирующихся на коротковолновом инфракрасном диапазоне (SWIR). Они позволяют фиксировать дефицит тургора в листьях до появления видимых признаков угнетения растительности [3].

Дистанционная оценка эвапотранспирации.

Центральное место в современном цифровом мониторинге занимает оценка фактической эвапотранспирации (ET_f). В отличие от потенциальной испаряемости, ET_f напрямую коррелирует с доступностью почвенной влаги и эффективностью работы оросительной сети. Основным инструментом здесь выступает решение уравнения энергетического баланса на поверхности земли.

Наиболее перспективными признаны алгоритмы семейства SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) и METRIC. В основе данных моделей лежит использование яркостной температуры поверхности, получаемой из тепловых каналов спутников (например, Landsat 8/9 или Sentinel-3). Температура поверхности является индикатором интенсивности охлаждения растения за счет транспирации: чем выше интенсивность испарения, тем ниже температура растительного покрова относительно окружающей среды [4].

Интеграция спектральных индексов (NDVI, LAI) с тепловыми картами позволяет разделить суммарное испарение на транспирацию растений и физическое испарение с поверхности почвы. Это критически важно для мелиорации, так как позволяет оценить непроизводительные потери воды на участках с изреженным травостоем или неисправной поливной техникой [5].

Применение термических индексов стресса.

Для оперативной диагностики состояния орошаемых угодий применяется индекс водного стресса сельскохозяйственных культур (CWSI). Он рассчитывается на основе разности температур воздуха и поверхности растительного покрова. Значения CWSI, близкие к единице, сигнализируют о прекращении транспирации и критическом дефиците влаги, требующем немедленной подачи воды [6].

Использование временных рядов эвапотранспирации позволяет строить карты накопленного водопотребления за вегетационный период. Сопоставление этих карт с фактическими нормами полива выявляет зоны недополива или избыточного увлажнения, что является прямым индикатором технического состояния внутрихозяйственной сети и соблюдения технологической дисциплины [7].

Проблемы пространственно-временного разрешения.

Одной из основных трудностей остается конфликт между пространственным и временным разрешением данных. Спутники с высоким разрешением (Sentinel-2) не имеют теплового канала, а данные Landsat имеют низкую частоту пролета. Решением данной проблемы является использование методов слияния данных, когда детальная структура посевов из оптического диапазона комбинируется с данными о температуре поверхности для получения карт более детального разрешения [8].

Беспилотные авиационные системы, оснащенные мультиспектральными и термальными камерами, позволяют проводить такие исследования на уровне отдельных делянок или узлов ГТС, что открывает путь к автоматизированному аудиту поливных систем [9].

Заключение. Детальный анализ эвапотранспирации на основе спектральных и термических данных переводит мелиоративный мониторинг на качественно новый уровень. Это позволяет не только констатировать факт деградации земель, но и управлять водным режимом в режиме реального времени. Дальнейшее развитие методов должно быть направлено на совершенствование региональных алгоритмов калибровки моделей энергетического баланса с учетом специфики конкретных мелиоративных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Расулова, А. М. Расчет эвапотранспирации на территории бассейна Ладожского озера / А. М. Расулова // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2021. – № 9. – С. 146–156.

2. Аппроксимация временных рядов индексов вегетации (NDVI и EVI) для мониторинга сельхозкультур (посевов) Хабаровского края / А. С. Степанов [и др.] // Информатика и автоматизация. – 2023. – Т. 22, № 6. – С. 1473–1498.

3. Применение вегетационного индекса ndmi в системе точного земледелия / М. Р. Шаяхметов [и др.] // Перспективные технологии в аграрном производстве: человек, «цифра», окружающая среда (AgroProd 2021): материалы международной научно-практической конференции. – 2021. – С. 106.

4. Сегментирование потока суточного суммарного испарения орошаемого производственного посева сои по модели METRIC и данным Landsat-8 / А. М. Зейлигер [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2025. – Т. 22, № 2. – С. 99–119.

5. Черемисинов, А. А. Обзор расчетных методов определения суммарного испарения орошаемых сельскохозяйственных полей / А. А. Черемисинов, А. Ю. Черемисинов // Мелиорация и гидротехника. – 2016. – № 1 (21). – С. 113–133.

6. Воеводина, Л. А. Использование индекса водного стресса растения (CWSI) для соблюдения режимов орошения / Л. А. Воеводина // редкол.: В. Н. Щедрин (отв. ред.) [и др.]. – 2011. – С. 115.

7. Зейлигер, А. М. Информационные технологии в мониторинге богарных и орошаемых агроценозов / А. М. Зейлигер, О. С. Ермолаева // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 10-1. – С. 62–66.

8. Геопространственный анализ рисков на основе слияния данных / Н. Н. Куссуль [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – М., 2010. – Т. 7, № 2. – С. 55–66.

9. Барсук, А. В. Беспилотные летательные аппараты как средство мониторинга за мелиорацией / А. В. Барсук, А. А. Захаров // Управление рисками в АПК. – 2023. – № 2. – С. 48.

УДК 631.6:626.81

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНОГО ОБМЕНА ПОЙМЕННОГО АГРОЛАНДШАФТА

А. А. Бубер, канд. техн. наук, заведующий лабораторией
Ю. П. Добрачев, д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотрудник
ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»,
г. Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: водный баланс, водный обмен, имитационное моделирование, цифровой двойник, ГИС.

Аннотация. Работа выполняется коллективом молодых ученых ФГБНУ «ФНЦ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» в рамках национального проекта «Наука и университеты». Цель исследований состоит в разработке и применении цифрового инструментария для обоснования мероприятий по устойчивому функционирова-

нию многоотраслевого предприятия интенсивного типа на базе адаптивных безотходных технологий, комплексных мелиораций и формирования агроэкопроизводства замкнутого циклического типа, в котором динамичный водный фактор играет первостепенную роль. Поставленная цель реализуется с помощью современных средств цифровизации и коммуникации сбора исходной полевой информации, создания математических моделей и систем стратегического и оперативного управления комплексом агромелиоративных факторов с учетом климатических, экономических и инфраструктурных рисков.

Keywords: water balance, water exchange, simulation modeling, digital twin, GIS

Summary. The work is being carried out by a team of young scientists from the Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after. A. N. Kostyakov within the framework of the national project «Science and Universities». The purpose of the research is to develop and apply digital tools to substantiate measures for the sustainable functioning of a multi-industry intensive enterprise based on adaptive waste-free technologies, complex reclamation and the formation of a closed cyclical agro-eco-production in which the dynamic water factor plays a primary role. This goal is achieved using modern means of digitalization and communication of collecting initial field information, creating mathematical models and systems for strategic and operational management of a complex of agro-reclamation factors, taking into account climatic, economic and infrastructural risks.

Введение. Объектом исследований является мелиорированный агроландшафт, расположенный на правобережной части Дединовской поймы реки Оки. В границах водосборной территории (116 км^2) расположен крупный животноводческий комплекс, а также земли сельскохозяйственного назначения, общей площадью около 80 км^2, которые используются для выращивания многолетних трав, кормовых и зерновых культур, овощей. В прифермской части угодий располагаются культурные пастбища, сенокосно-пастбищные и комбинированные севообороты, а в притеррасной части поймы влажные природные луга. Почвы агроландшафта слоистые, высокопродуктивные, в 70 % лет затапливаются полыми водами р. Оки, что обеспечивает высокий весенний влагозапас на площади 30–35 км^2. Однако отметим, что переувлажнение почв может существенно сместить сроки сева и в этой связи в границах исследуемой территории имеется несколько крупных

участков, оборудованных дренажем, для отвода поверхностных и избыточных грунтовых вод.

Цель исследований – создание технологически-обновленного сельскохозяйственного предприятий в формате агроэкосистемы, способного достигать высоких показателей устойчивости и эффективности производства растениеводческой продукции на мелиорируемых землях при минимальных нагрузках на окружающую среду.

Пути повышения устойчивости, эффективности и экологичности сельхозпроизводства кроются в постоянном и систематическом:

- факторном анализе производственной деятельности по перечисленным выше критериям на воздействия условий внешней среды производства: ресурсное обеспечение, экономическая ситуация, погода и климатические аномалии, почвенное плодородие, антропогенная нагрузка на окружающую природу;

- разработке и внедрении мероприятий, направленных на интенсификацию и повышение эффективности за счет адаптивных технологических перестроек (новые сорта и севообороты, высокопроизводительная техника, снижение энергоемкости операций, внедрение наукоемких технологий и отраслевого информационного ресурса, использование отходов производства в качестве ценного сырьевого ресурса), что повышает выживаемость и конкурентоспособность хозяйства;

- внедрении агромелиоративных мероприятий и технологий для повышения устойчивости производства объемов и качества продукции за счет регулирования и оптимизации условий выращивания сельскохозяйственных культур (гидромелиорация, известкование, культуртехнические работы), а также для повышения экологической устойчивости агроландшафта и защита окружающей среды (лесомелиорация, технические, природные и геохимические экологические барьеры);

- разработке и внедрении систем мониторинга и оперативного динамического управления технологическими процессами на всех этапах производственного цикла: агротехника выращивания сельскохозяйственных культур, уборка урожая и заготовка товарной растениеводческой продукции, управления комплексом факторов агромелиоративного режима почв;

- цифровизации технологий производства с целью оптимизации распределения средств по отраслям при сбалансированном использовании имеющихся природных, технических и интеллектуальных ресурсов для повышения экономической и экологической эффективности производства.

В рамках поставленной цели исследования разработка эскизной модели агроэкосистемы прежде всего сопряжена с важнейшим аспектом ее функционирования, а именно, с водным обменом агроландшафта, на котором размещено предприятие. Базовым модулем Прототипа интегрированной цифровой модели агроэкосистемы является гидрофизический имитационный блок описывающий направление и скорость движения водных потоков и переносимых ими растворимых и взвешенных веществ в границах водосборной территории, в том числе вертикальный водный обмен почв и растительного покрова агро- и фитоценозов, потоки поверхностных, грунтовых и подземных вод, формирующихся при выпадении осадков и при затоплении территории паводковыми водами, в результате таяния снега и орошения сельскохозяйственных культур.

С помощью разработанного Прототипа предполагается выполнение сценарных исследований для обоснования комплекса мероприятий, направленных на повышение эффективности использования земельных и водных ресурсов, сохранение природного потенциала агроландшафта и его экологической устойчивости, строгое соблюдение требований по охране природной среды при осуществлении интенсивной хозяйственной деятельности.

Материалы и методы исследований. Прототип интегрированной цифровой модели агроэкосистемы формировался в программном комплексе MIKE SHE, разработанном Датским Гидравлическим институтом [1, 2]. Основой программного комплекса служат следующие часто применяемые модули математического описания движения водных потоков:

1. Модель поверхностного и руслового стока, основана на двухмерной диффузно-волновой аппроксимации уравнения Сен-Венана с применением схемы Гаусса-Зейделя. При выполнении расчета учитываются пространственные данные о рельефе, шероховатости поверхности и накопленных осадках в зависимости от физических свойств верхнего горизонта почв и видов землепользования.

2. Модель ненасыщенной зоны почво-грунтов (зоны аэрации), выполняющая расчет одномерного вертикального влагопереноса, базируется на решении уравнения Ричардса с использованием модуля двухслойного водного баланса, использующего принцип Yan-Smith [3].

3. Модель эвапотранспирации реализована с помощью уравнений Kristensen-Jensen [4] и Penman-Monteith [5].

4. Модель насыщенной зоны представлена трехмерным уравнением Дарси.

5. Модель качества вод использует уравнения адвекции-дисперсии.

Исходными данными для разработки Прототипа являлась цифровая информационная база данных агроландшафта, разработанная в формате ГИС (рис. 1).

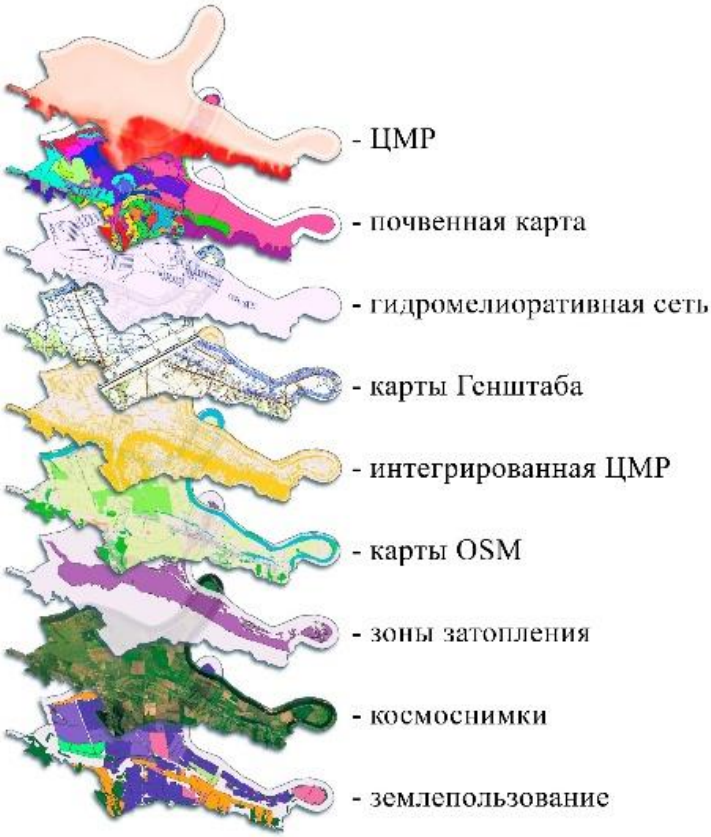


Рис. 1. Основные слои геоинформационной базы данных [6]

База данных, сформированная в геоинформационной среде QGIS, включает паспорта полей, картографическую информацию о структуре посевных площадей, урожайности культур, агротехнических мероприятиях, вносимых дозах минерального питания и органических удобрений, результаты агрохимического обследования почв.

Для валидации Прототипа были использованы собственные полевые данные, полученные с помощью установленной в границах водосборной территории специально разработанной оригинальной системы мониторинга гидрометеорологических факторов, включающей скважины уровня грунтовых вод, водомерные рейки, метеостанции, зонды для контроля влажности почвы. Наблюдения и инструментальные измерения параметров водного режима почв и водных объектов выполнялось в полуавтоматическом режиме еженедельно в период с апреля по ноябрь 2024 и 2025 гг. Метеорологические данные получены с помощью автоматических станций Davis Vantage Pro2 Plus, регистрирующих полный спектр стандартных метеоэлементов. Почвенный зонд Sentek Drill & Drop с 6 датчиками влажности обеспечивал непрерывный контроль влажности по профилю почвы.

Агрохимическое обследование почв (более 60 % территории) включало определение качества вод в различные периоды вегетации во всех доступных водных объектах ландшафта, и в отдельных скважинах. Уточнение рельефа местности проводилось с помощью ГНСС-приемника; обследование гидромелиоративной сети и ГТС, а также водных объектов при помощи беспилотного плавающего средства, разработанного в рамках исследований лаборатории [патент на изобретение № 2853365].

В состав Прототипа интегрированной цифровой модели агроэкосистемы вошла гидродинамическая модель рек Оки и Вобли, озер, оросительных и сбросных каналов, расположенных в границах территории. В начальных створах модели рек задавались расходы р. Оки и р. Вобли, в концевом створе – уровень р. Оки.

Прогонка Прототипа выполнялась на ретроспективных данных за 10 лет, взятых из открытых интернет-источников; 2024 г. моделировался на фактических метеоданных собранных с двух установленных на объекте метеостанций. Необходимость такой длительной прогонки обусловлена требованием приведения уровней грунтовых вод в равновесное состояние, на которое наслаивались два последних года рассчитанным по фактическим зарегистрированным на агроландшафте метеоданными. Оценка качества адаптации модели будет выполняться на независимой выборке погодных условий третьего года (2026 г.) с одновременным использованием фактических данных по уровню грунтовых вод. Калибровка Прототипа производилась на данных наблюдений по скважинам 1–7, результаты калибровки и локации скважин приведены на рис. 2.

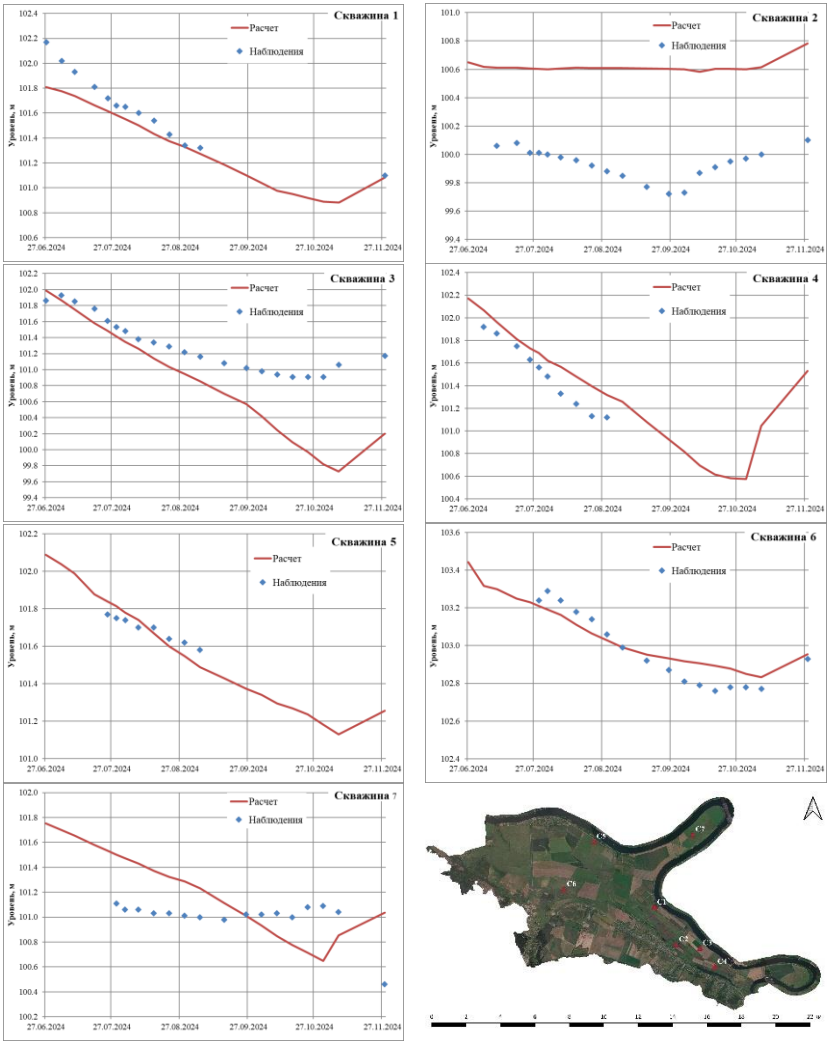


Рис. 2. Сравнение наблюденных данных и результатов расчета на Прототипе

Анализ калибровки и результатов численных экспериментов на ретроспективных данных показал, что Прототип функционирует с приемлемой адекватностью и может быть применен для обоснования аг-

ромелиоративных и природоохранных мероприятий, а также при разработке прогнозов по влагозапасам почв, влагообеспечению кормовых и зерновых культур и их продуктивности, а также при оценке влияния водного фактора на развитие почвообразовательных процессов.

НИР по теме «Исследование водного обмена мелиорируемого агроландшафта с применением цифровых технологий и имитационного моделирования для условий Российской Федерации с целью научного обоснования комплексных мелиораций, возвращения земель в сельскохозяйственный оборот и рационального использования водных и земельных ресурсов (FGUF-2024-0001)» выполняются в рамках результата «Созданы новые лаборатории, в том числе под руководством молодых перспективных исследователей» федерального проекта «Развитие человеческого капитала в интересах регионов, отраслей и сектора исследований и разработок» национального проекта «Наука и университеты».

ЛИТЕРАТУРА

1. MIKE SHE User manual Volume 1: User Guide 2014 372 p. – URL: https://www.yumpu.com/en/document/view/22390963/mike-she-user-manual-volume-1-user-guide-hydroasia.

2. MIKE SHE User manual Volume 2: Reference Guide 2014 458 p. – URL: https://www.yumpu.com/en/ document/ view/22391003/ mike-she-user-manual-volume-2-reference- hydroasia.

3. Yan, J. and Smith, R. Simulation of Integrated Surface Water and Ground Water Systems-Model Formulation // Journal of the American Water Resources Association. – 30. – 1994. – p. 879–890.

4. Kristensen, K. J. and Jensen, S. E. A model for estimating actual evapotranspiration from potential evapotranspiration // Nordic Hydrology. – 6. – 1975. – p. 170–188.

5. Penman, H. L. Evaporation: an introductory survey – Netherl. J. Argic. Sci. – 4. – 1956. – p. 9–29.

6. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024625364 Российская Федерация. «Геоинформационная система мелиорированного агроландшафта правобережной части Дединовской поймы р. Оки» : № 2024624995 : заявл. 06.11.2024 : опубл. 20.11.2024 / А. А. Бубер, Ю. П. Добрачев, А. Ю. Кульчев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова».

УДК 631.6:621.646

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА НАПОРА НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

М. И. Голубенко, заслуженный изобретатель Российской Федерации
ООО «Мещерский научно-технический центр»,
г. Рязань, Российская Федерация
Ю. А. Мажайский, д-р с.-х. наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации
ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. Костякова», Мещерский филиал,
г. Рязань, Российская Федерация

Ключевые слова: трубопровод, расход воды, напор, уровень воды, потери воды, экология.

Аннотация. Работа заключается в исследовании новых конструктивных решений автоматического регулятора напора для повышения экологической безопасности на мелиорируемых землях. Представлена новая принципиальная схема конструктивного решения системы автоматизации регулирования воды, отвечающая требованиям закрытых оросительных систем при работе дождевальной техники и возможность регулирования расхода воды в процессе капельного орошения. Полученные в процессе выполненных исследований результаты свидетельствуют о выдаче постоянных расходов воды на поля орошения в закрытые трубопроводы и в открытую оросительную сеть.

Keywords: *pipeline, water flow rate, head, water level, water head loss, ecology*

Summary. The work consists in the study of new constructive solutions for the automatic pressure regulator to improve environmental safety on reclaimed lands. A new schematic diagram of a constructive solution for the automation of water regulation is presented, which meets the reguirements of closed irrigation systems during the operation of sprinkler equipment and the possibility of regulating water flow during drip irrigation. The results obtained in the course of the performed ctudies indicate the issuance of constant water costs for irrigation fields in closed pipelines and in an open irrigation network.

В мелиоративных системах с дождевальными машинами на склоновых землях в основном устроены закрытые трубопроводы. В таких условиях к арматуре и качеству строительства предъявляют очень строгие требования. Для закрытых оросителей используют главным

образом стальные трубы, запорную арматуру к ним изготавливают, как правило, тоже из стали. Кроме того, из-за сложности рельефа в таких районах эффективнее управление водными ресурсами имеет решающее значение.

Задвижка, гидранты, переходники, вантузы и другая арматура интенсивно подвергаются коррозии и теряют герметичность в процессе эксплуатации. Потери оросительной воды из трубопроводов приводят к просадкам почвы и подстилающих грунтов, оврагообразованию, оползням, разрушению элементов оросительных систем, дорог и других коммуникаций. Поэтому на закрытых самонапорных системах в условиях больших уклонов местности (более 0,008 возникают сложности при организации полива. Отсюда требуется установка делителя и ограничителя статического напора, который снижал бы избыточное давление до достижения постоянного напора воды в магистральном или поливных трубопроводах. Необходимо отметить, что в научной литературе вопрос эксплуатации трубопроводных систем подобной конструкции освящен мало, а потребность в таких элементах при орошении постоянно растет.

Как отмечено выше, трубопроводная сеть является основным компонентом закрытых оросительных систем [1]. Перепады высот рельефа, нарушение герметичности трубопроводов и потери давления приводят к неравномерному распределению давления и потока воды в оросительной сети.

При решении проблемы снижения избыточного давлении в поливных трубопроводах [2–6] рассматривается вопрос внедрения автоматизированных самонапорных оросительных систем. Автоматизация, в свою очередь, также решает проблему учета оросительной воды [7] в условиях рыночных отношений и повышает качество функционирования оросительной сети. Режим работы дождевальным машин «Фрегат» и ДД-30 принят за основу для рассматриваемого объекта закрытых оросительных систем. Для этих условий используются следующие расчетные расходы распределительных трубопроводов: магистральный трубопровод – 727 л/с; соответственно, распределительные трубопроводы – 300, 370 и 260 л/с.

Глубина заложения труб в траншею составляет 1,0 м. Напор для «Фрегат» составит 65–70 м, для ДД-30 – 45 м (при этом радиус полива составит 40–50 м). Дождевальная машина «Фрегат» является одной из наиболее распространенных в мелиоративном комплексе страны и имеет ряд значительных преимуществ. Необходимо отметить, что условия регулирования подачи воды из закрытых трубопроводов вли-

яют также на показатели агроэкологического качества дождевальных насадок, монтируемых на трубопроводе машины «Фрегат» [8] (для капельного орошения также необходимо иметь постоянный источник подачи воды, в результате нет необходимости тратить время на ручной привод при организации автоматизированной системы полива, система работает без участия наблюдателя).

На основании разработанной конструкторской документации были проведены экспериментальные исследования на натурном образце для проверки и определения основных конструкторских и технологических параметров [9–11].

В исследованиях общий статический напор достигал 210 м. В связи с этим трубопровод был разделен на два участка по 149 м с максимальным статическим напором. Исследования проводились на пропускную способность до 500 л/с, рабочий диапазон напоров в трубопроводе от 3 до 100 м. Расчетные параметры поплавка – 600×310 мм, гидрозадвижка диаметром 250 мм. Точность отводимого расхода была ±5 %. Максимальный перепад в колодце-резервуаре был от 0,6 до 1,5 м для данных расходов. При этом площадь полива составила 850 га.

В рабочем технологическом режиме узел регулятора статического напора [3] включает колодец-резервуар размерами: 2,0×3,0×2,7 м, подводящий трубопровод диаметром 500 мм, запорно-регулирующий орган с задвижкой 250 мм. Рядом с расположены еще два колодца, каждый из которых соединен с трубой для подачи воды к дождевальным машинам. В колодце находится поплавок, который может быть перемещен в вертикальном положении с помощью шарнира. Этот поплавок-датчик отслеживает уровень воды в колодцах.

Принцип действия автоматического регулятора статического напора [3] следующий. Вода из колодца-резервуара подается по трубопроводу к поливной технике на массиве орошения. Постоянство требуемого напора обеспечивается поддержанием уровня воды в колодце-резервуаре. Это условие выполняется автоматически с помощью запорно-регулирующего устройства демпфера с регулирующим клапаном. Клапан соединен супругой мембраной, на которую воздействует, с нижней стороны, давление воды подводящего трубопровода, с верхней – давление воды, находящейся в камере давления, и упругая сила пружины. При заданном уровне воды в колодце-резервуаре силы, действующие на мембрану, взаимно уравновешены, причем расход притока воды равен расходу оттока воды из него.

При снижении уровня воды в колодце поплавковый датчик также опускается и через рычаг перемещает вниз золотник, что влечет уменьшение перекрытие выпускного отверстия. В этот момент расход

воды стабилизируется, так как расход притока воды в колодец стает равным, оттоку из него.

Таким образом, определяется инерционность регулятора, режим работы которого зависит от объема колодца-резервуара и сечения сливного отверстия распределителя (золотника). Длительность этого процесса определяет время запаздывания при открытии регулятора и наблюдается незначительное кратковременное повышение в корпусе расхода, обусловленное инерцией массы поступающей воды.

Благодаря тому, что объем рабочей камеры мембранного устройства, заполняется в течение нескольких секунд, а также демпфирующему влиянию поплавковой камеры, кратковременные отклонения расхода в отводящем трубопроводе (или уровня в канале) не влияют на процесс регулирования. В случае прекращения полива, отказа потребителя от воды, уровень в колодце повышается, в результате чего расход через трубопровод в соответствующий трубопровод отключаются автоматически. Закрывается подводящий трубопровод, соответственно, имеет место гидравлическая обратная связь за счет статических напоров в напорном трубопроводе и связи с водозабором в голове трубопровода (например, бассейн суточного регулирования). Измерение может быть решено приборами, допускающими свою погрешность (мм).

Таким образом, при групповой работе дождевальной машины «Фрегат» от общего трубопровода каждая машина работает в своем режиме, что накладывает ряд серьезных особенностей на проектирование закрытых оросительных систем. При этом устройство может быть использовано для автоматических делителей и ограничителей статического напора в закрытых оросительных системах, в системе автоматического капельного орошения и в системах поверхностного полива, а также с дождевальными агрегатами.

В новом конструктивном решении автоматического делителя статического напора отсутствуют трущиеся поверхности, соприкасающиеся с водой, отсутствуют гидравлические удары в сети, исключено использование электроэнергии. Устройство позволяет повысить надежность при эксплуатации путем создания компактных узлов устройства в колодце-резервуаре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Crop water reguirement and water use effiency of cauliflower undermulching and drip irrigation in eastern Plateau hillsregion of Jharkhand / Kumari, P.; Bara, A.; Rumar, M.; Job, M.; Rai, P. // Progres, Hortic. – 2020. – Vol. 52. – P. 81–87.

2. Патент 2015526 Российская Федерация. МПК G05D 7/01. Устройство для регулирования расхода напорных трубопроводов / Голубенко М. И., Александров А. И., Семенова О. С., Асанов Б. И. Опубл. 30.06.1994.

3. Патент 2475705 Российская Федерация. МПК G05D 11/00. Автоматический регулятор статического напора воды для закрытых трубопроводов / Голубенко В. М., Голубенко М. И. Опубл. 20.02.2013.

4. Патент 2490394 Российская Федерация. МПК E02B 11/00, G05D 9/02. Регулятор уровня грунтовых вод / Голубенко В. М., Голубенко М. И. Опубл. 28.08.2013.

5. Патент 202317 Российская Федерация. МПК G05D 9/02, E02B 13/02. Автоматический трубчатый водовыпуск / Голубенко М. И., Асанов Б. И. Опубл. 30.10.1994.

6. Авторское свидетельство 1260920 Российская Федерация. МПК G05D 7/01. Регулятор расхода воды / Румянцев Л. И., Голубенко М. И., Пресняков К. А. Опубл. 30.09.1986.

7. Бочкарев, В. Я. Новые технологии и средства измерений, методы организации водоучета на оросительных системах / В. Я. Бочкарев. – Новочеркасск, 2012. – 227 с.

8. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошении: справочник – М.: ФГБУ «Росинформагротех», 2015. – 264 с.

9. Киселев, П. Г. Справочник по гидравлическим расчетам / П. Г. Киселев. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961. – 349 с.

10. Дементьев, Г. Д. Орошение / Г. Д. Дементьев. – М.: Колос, 1979. – 303 с.

11. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика / Д. В. Штеренлихт. – М.: Энергиздат, 1964. – 640 с.

УДК 581.5

ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ НА ПРИРОДНЫЕ ЛАНДШАФТЫ ЮЖНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА

Гусейнова Гюльчохра Агагусейн кызы, канд. биол. наук, доцент
Институт географии (ПЮЛ) Министерства науки и образования,
г. Баку, Азербайджанская Республика

Ключевые слова: Большой Кавказ, мелиорация, плодородие почв, ландшафт, эрозия, орошение.

Аннотация. Проведено исследование влияния мелиоративных мероприятий, осуществляемых на южном склоне Большого Кавказа, на формирование и изменение природных ландшафтов. Проанализировано воздействие орошения, дренажа, противоэрозионных мероприятий и других мелиоративных методов на плодородие почв, водный режим и растительный покров. Результаты исследования показывают, что правильное применение мелиоративных мероприятий способствует рациональному использованию почвенных ресурсов и сохранению экологической устойчивости ландшафтов.

Введение. Проведено исследование, в котором установлено, что одним из регионов, отличающихся богатыми природными ландшафтными комплексами и своеобразными биогеоценозами нашей республики, является природно-географическая область Большого Кавказа. Сложный рельеф территории, климат, растительный и почвенный покров, а также формирующиеся в зависимости от высотности природные лесные, альпийские и субальпийские луговые и лугово-степные биогеоценозы со временем подвергались воздействию хозяйственной деятельности человека, что привело к изменению их ареалов и природно-исторической структуры, а также к трансформации.

Данный процесс более интенсивно проявился на южном склоне Большого Кавказа. Территории, которые ранее в естественных условиях были полностью покрыты лесами в высокогорных, среднегорных и низкогорных зонах, за последние 100 лет претерпели значительные изменения. В частности, значительная часть такого важного природного ресурса, как леса, была утрачена и заменена степными участками или агроландшафтами – пашнями, пастбищами, сенокосами и др.

Исследования показывают, что изменения в лесных ландшафтах происходили как в нижней части лесного пояса – на границе с сухими степями, так и в верхней части – на границе с альпийским и субальпийским поясами. В результате территории южного склона Большого Кавказа не только лишились лесного покрова, но и столкнулись с серьёзными экологическими проблемами, такими как почвенная эрозия, селевые потоки и оползни.

Данный регион отличается разнообразием форм рельефа, климатических условий, почвенного и растительного покрова. Несмотря на наличие благоприятных почвенных ресурсов для сельского хозяйства, здесь наблюдаются такие проблемы, как почвенная эрозия, дефицит водных ресурсов и в отдельных районах – засоление почв.

Для устранения этих проблем и рационального использования почвенных ресурсов важное значение имеет проведение мелиоративных мероприятий. Мелиорация почв не ограничивается только повышением сельскохозяйственной продуктивности, но также оказывает существенное влияние на структуру и динамику природных ландшафтов. [1, 2].

Результаты исследований и их обсуждение. Влияние рекреации на растительный покров южного склона Большого Кавказа. Рекреация означает комплекс оздоровительных мероприятий, осуществляемых с целью восстановления нормального самочувствия и работоспособности человека, происходит от латинского «recreation» – восстановление [2].

Во всем мире посещение участков и объектов так называемой дикой природы, или особо охраняемых природных территорий, является одним из самых популярных видов экологического туризма. Среди многообразных аспектов научно-практической деятельности, связанной с организацией эко туров, особое место занимает изучение возникающих в этой связи экологических проблем. В настоящее время лес является универсальной территорией для рекреации, дающей возможность организовать повседневный массовый отдых населения в природных условиях.

В США 30 % государственных земель выделено в целях рекреации. Это может стать причиной деградации ландшафтов. Охрана природы является главной задачей в процессе рекреационного использования. На сегодняшний день это проверка и учет территории, исследование на устойчивость к рекреационной нагрузке, а также повышение устойчивости ландшафта к рекреации. В основном, это устойчивость грани фитоценоза к рекреационной нагрузке, в противном случае рекреационная оценка фитоценоза может понизиться. Устойчивость границ фитоценоза позволяет определить рекреационный объем, т. е. уточнить какое количество людей могут отдыхать на данной территории [4].

В связи тем, что большинство людей предпочитают отдых в лесу, рекреационное влияние оказывается на фитоценоз леса. Рекреация влияет на различные компоненты лесного биоценоза, на травянистый ярус, ярус деревьев, на лесную подстилку, на почву, живые организмы.

В результате рекреации почва уплотняется, её порозность, воздухопроницаемость ухудшаются, нарушается структура почвенного покрова. В результате уплотнения почвы увеличиваются анаэробные процессы, изменяются процессы окисления и восстановления, ухудшается водный режим почв, затрудняется рост корней растений. На сохранение питательных элементов в почве значительно влияют лесной опад, влажность, температура воздуха и т. д.

В рекреационных лесах растительный опад уменьшается или же полностью отсутствует, что является причиной уплотнения почвы, гумус, уменьшается, травянистый покров ослабевает. Вытаптывание приводит к уменьшению лесной подстилки от 5 % до 51 %, снижается жизнеспособность всех ярусов, производительность деревьев уменьшается в 2–3 раза.

Использование лесных фитоценозов в целях отдыха людей в первую очередь отражается на травянистом ярусе. Травянистые растения являются одним из основных компонентов лесного фитоценоза,

так как играют определенную роль в регуляции микроклиматических и микробиологических процессов.

Увеличение рекреационной нагрузки влияет на уменьшение видового количественного соотношения растений. По степени устойчивости к рекреации травянистые растения делятся на 3 группы: 1) малоустойчивые; 2) достаточно устойчивые; 3) устойчивые [5].

К малоустойчивым растениям относятся малина, орляк, ясменник, гречишник, одуванчик; к среднеустойчивым относятся злаковые; к устойчивым относятся горец птичий, подорожник.

Рекреационные нагрузки делятся на безопасные, опасные, критические и катастрофические.

Безопасными нагрузками считаются такие, при которых в природных комплексах не наблюдаются необратимые изменения.

Если в природных комплексах нагрузка переходит границу устойчивости, то такая нагрузка считается опасной.

Рекреационная нагрузка, ведущая к уничтожению растительного покрова, называется критической (таблица).

Рекреационная деградация травянистого покрова лесного фитоценоза

Пояс мезофильных лесов высоко- и среднегорий	Пояс ксерофильных лесов средне- и низкогорий
Травянистый покров не нарушен	Травянистый покров нарушен
Травянистый покров нарушен, лесные и лесо-луговые виды ослаблены	Травянистый покров деградирует, количественный состав резко уменьшается, яростность сохраняется
На верхней границе леса травянистый покров резко нарушился	Травы, характерные для лесных фитоценозов подверглись деградации

В лесах Бунут Габалинского района, где произрастают дубовые, дубово-березовые и дубово-березово-грабовые формации, травянистые растения под лесным покровом не устойчивы к рекреации. В результате рекреации молодые проростки вытаптываются, затем погибают, верхний слой почвы затвердевает, особенно это заметно в участках лесов, расположенных вблизи от родников, которые отданы в использование частным лицам. Здесь рекреационная нагрузка доходит до высокого уровня, усиливается антропогенное воздействие, травянистый и мохообразный покров вытаптывается. Поэтому в Бунутских лесах молодая поросль почти не встречается. В связи с этим выпас скота здесь не желателен, так как в этом случае молодые ростки будут поедаться животными, растения будут вытаптываться, а почва затвердеет. В период дождей эти явления еще более усиливаются, в травяни-

стом и мохообразном ярусах наблюдаются изменения, на склонах происходит вымывание верхнего слоя почвы.

В формировании почвенного и растительного покрова значение рельефа очень велико. В зависимости от экспозиции склона рельеф выступает главным фактором в распределении солнечной радиации, осадков и тем самым влияет на водный, тепловой, солевой режимы почв, на режим питания почв, окислительно-восстановительные процессы, идущие в почвах, на производительность и видовой состав растений. Различная экспозиция и поверхность склонов способствуют неравномерному распределению солнечной радиации, что отражается на температурном и водном режиме почв.

Заключение. Улучшение экологического состояния лесов Габалинского района, имеющих большое значение для развития экотуризма в республике, является важной задачей. На основании исследований, проведенных нами в этом направлении, для естественного восстановления лесных ландшафтных комплексов Южного склона Большого Кавказа (Бунутские леса Габалинского района) мы предлагаем провести следующие мероприятия: предотвращение неправильной вырубки лесов (для сохранения ценных древесных пород растений), очистка этой территории от древесных щепок, контроль за регулированием выпаса скота, сенокосом, проведение среди населения близлежащих сел экологических тренингов с целью использования ими источников альтернативной энергии и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамедов, Г. Ш. Экологическая оценка почв Азербайджана / Г. Ш. Мамедов. – Баку: Элм, 1998. – 282 с.

2. Почвенный атлас Азербайджанской Республики. – Баку: Изд. Бакин. карт. фабрики, 2007. – 102 с.

3. Мамедов, Г. Ш. Экология и охрана окружающей среды / Г. Ш. Мамедов, М. Ю. Халилов. – Баку: Элм, 2005. – 879 с.

4. Мамедов, Г. Ш. Экология, окружающая среда и человек / Г. Ш. Мамедов, М. Ю. Халилов. – Баку: Элм, 2006. – 607 с.

5. Мамедов, Г. Ш. Леса Азербайджана / Г. Ш. Мамедов, М. Ю. Халилов. – Баку: Элм, 2002. – 427 с.

6. Бабаев, Ф. А. Охрана растительного мира / Ф. А. Бабаев. – Баку, 2005. – 214 с.

УДК 633.321:631.67:631.559

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОРОШЕНИЯ НА ГУСТОТУ СТОЯНИЯ ТРАВОСТОЯ И УРОЖАЙНОСТЬ СУХОГО ВЕЩЕСТВА РАЗЛИЧНЫХ ПО СКОРОСПЕЛОСТИ СОРТОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

Д. А. Дрозд, канд. с.-х. наук, доцент,
заведующий кафедрой кадастра и земельного права
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

А. С. Подлужная, канд. биол. наук,
директор Института землеустройства, кадастров и природообустройства
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»,
г. Красноярск, Российская Федерация

Ключевые слова: клевер луговой, орошение, густота стояния травостоя, урожайность сухого вещества.

Аннотация. Основной целью выполненных исследований являлась оценка влияния орошения на густоту стояния травостоя и урожайность сухого вещества различных по скороспелости сортов клевера лугового. В результате выполненных исследований было установлено, существенное влияние орошения на густоту стояния травостоя и урожайность сухого вещества.

Keywords: meadow clover, irrigation, density of standing grass, yield of dry matter.

Summary. The main purpose of the performed research was to evaluate the effect of irrigation on the density of standing grass and the yield of dry matter of various varieties of meadow maple in terms of early maturity. As a result of the performed studies, it was established that irrigation has a significant effect on the density of vegetation and the yield of dry matter.

Среди центральных проблем современного АПК Республики Беларусь выделяется сокращение посевных площадей и нехватка как основных средств в виде сельскохозяйственной техники, так и людей, работающих на данной технике [1]. Вышеуказанные проблемы приводят к снижению качества и количества получаемой сельскохозяйственной продукции. Осложняет сложившуюся ситуацию приоритет

животноводства перед остальными отраслями сельского хозяйства. За последние 10 лет выполнена масштабная реконструкция и модернизация молочно-товарных ферм, а также введены в эксплуатацию новые, что должно послужить повышению продуктивности крупного рогатого скота.

Повысить эффективность молочного животноводства можно за счет возделывания многолетних трав [2, 3]. На заготовку качественного и богатого питательными веществами корма оказывает влияние и неравномерность выпадения атмосферных осадков в течение вегетационного периода. Избыток или недостаток почвенных влагозапасов приводит к колебаниям урожайности сухого вещества как в большую, так и в меньшую стороны. В соответствии с этим, выполненные исследования являются актуальными и научно-обоснованными.

Исследования выполнялись на дернового-подзолистых легкосуглинистых почвах учебно-опытного поля БГСХА «Тушково-1». Объектом исследования являлись различные по скороспелости сорта клевера лугового белорусской селекции: Цудоўны, Янтарный, Витебчанин, Мерея. Посев выполнен нормой высева 8 кг/га, из расчета 100 % посевной годности. Глубина заделки семян 1,5 см, ширина междурядий 15 см. Ширина междурядий принята аналогичной как у клеверов [4].

Агрохимические и водно-физические показатели почвы, следующие: гумус – 1,48–1,66 %, pH – 5,70–5,80, содержание P_2O_5 – 203–320 мг/кг и K_2O – 251–423 мг/кг, плотность сложения слоя 0–30 см – 1,37–1,39 г/см^3, наименьшая влагоемкость для аналогичного слоя – 22,63–23,82 %. Подкормка минеральными удобрениями выполнялась в начале вегетационного периода дозой $P_{60}K_{90}$.

При закладке полевых опытов, была принята следующая схема:

Фактор А – Фон дополнительного увлажнения:

1. Возделывание в естественных условиях (контроль).
2. Полив при снижении влажности почвы до 70 % от НВ (0,7НВ).
3. Полив при снижении влажности почвы до 80 % от НВ (0,8НВ).

Фактор В – различные по скороспелости сорта клевера лугового:

1. Цудоўны (раннеспелый).
2. Янтарный (среднеранний).
3. Витебчанин (среднеспелый).
4. Мерея (позднеспелый).

Поддержание почвенных влагозапасов в заданных выше пределах осуществлялось дождевальной установкой Lindsay-Europe Omega. По-

ливные нормы определены расчетным путем исходя из водно-физических показателей почв и составили 20 мм и 30 мм для фонов 0,8НВ и 0,7НВ соответственно [5].

Учет густоты стояния травостоя на посевах клевера лугового был начат со второго года жизни, так как в год посева клевер активно формирует листовой аппарат и корневую систему с минимальным количеством побегов. Наблюдения за густотой стояния травостоя клевера лугового при различных условиях влагообеспеченности сведены в табл. 1.

Таблица 1. **Густота стояния травостоя клевера лугового, шт/м^2**

Год	Сорт	Фон увлажнения и номер укоса								
		Контроль			0,7НВ			0,8НВ		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
2017	Цудоўны	347	298	225	401	359	273	386	338	258
	Мерея	391	359	–	431	379	–	416	368	–
	Янтарный	378	339	302	413	371	339	396	351	330
	Витебчанин	383	354	–	427	382	–	405	369	–
2018	Цудоўны	324	208	156	460	367	280	424	296	223
	Мерея	300	221	–	410	352	–	360	283	–
	Янтарный	316	216	164	448	387	300	384	300	219
	Витебчанин	280	196	–	412	362	–	340	263	–
2020	Цудоўны	400	326	223	600	518	401	540	462	328
	Мерея	570	400	–	935	644	–	790	527	–
	Янтарный	440	365	294	696	526	412	588	480	376
	Витебчанин	520	420	–	860	600	–	704	519	–
Среднее	Цудоўны	357	277	201	487	415	318	450	365	270
	Мерея	420	327	–	592	458	–	522	393	–
	Янтарный	378	307	253	519	428	350	456	377	308
	Витебчанин	394	323	–	566	448	–	483	384	–

Наибольшей густотой стояния травостоя характеризуются сорта клевера лугового, возделываемые в водно-воздушных условиях фона 0,7НВ независимо от количества укосов и метеорологических условий вегетационного периода. Среди сортов клевера лугового наибольшим количеством стеблей в первом и втором укосах отличался сорт Мерея, возделываемый в условиях фона 0,7НВ и сформировавший в среднем 592 и 458 шт. стеблей соответственно. В период формирования третьего укоса наибольшей густотой стояния травостоя отличался сорт Ян-

тарный, у которого на 1 м^2 посевов было сформировано 350 шт. стеблей. В целом травостой клевера лугового, возделываемый на фоне 0,7НВ независимо от сорта, выделялся наибольшей численностью стеблей (318–592 шт/м^2), по сравнению с контролем (201–420 шт/м^2) и фоном 0,8НВ (270–522 шт/м^2).

Урожайность сухого вещества разноспелых сортов клевера лугового (табл. 2) варьировала от 9,24–18,34 т/га на контроле до 13,27–27,02 т/га, отмеченных на орошаемых фонах опыта. Однако по урожайности сухого вещества фон 0,8НВ достоверно существенно и уступал фону 0,7НВ (0,61–4,84 т/га).

Таблица 2. **Урожайность сухого вещества клевера лугового, т/га**

Фон увлажнения	Сорт клевера лугового	Годы исследований		
		2017	2018	2020
Контроль	Цудоўны	9,24	11,66	15,65
	Янтарный	12,98	14,58	18,34
	Витебчанин	9,54	12,00	13,70
	Мерея	9,38	11,57	14,54
0,7НВ	Цудоўны	13,88	17,37	22,69
	Янтарный	19,03	20,66	27,02
	Витебчанин	16,50	16,66	19,25
	Мерея	16,34	20,25	20,25
0,8НВ	Цудоўны	13,27	14,37	19,51
	Янтарный	16,47	18,71	22,17
	Витебчанин	14,84	14,49	15,81
	Мерея	14,74	16,53	17,39
$НСР_{05}^{A}$		0,19	0,20	0,23
$НСР_{05}^{B}$		0,22	0,23	0,26
$НСР_{05}^{AB}$		0,38	0,40	0,45

Примечание. Фактор А – фон увлажнения; фактор В – сорт клевера лугового.

Среди всех исследуемых сортов клевера лугового можно выделить среднеранний сорт Янтарный, который в условиях фона 0,7НВ за 3 полноценных укоса зеленой массы формировал 19,03–27,02 т/га сухого вещества. Слабой отзывчивостью на водный режим, установившийся на фоне 0,7НВ, характеризовались сорта Цудоўны и Витебчанин, которые в отдельные годы исследований отличались низкой урожайностью сухого вещества.

Заключение. Полевые наблюдения за густотой стояния травостоя позволили установить, что возделывание различных по скороспелости сортов клевера лугового в условиях фона 0,7НВ раскрывает их биологический потенциал. Так, в среднем за весь период наблюдений густота стояния травостоя в зависимости от укоса и скороспелости клевера лугового варьировала от 201–402 шт/м^2 при возделывании без орошения до максимальных 318–592 шт/м^2, отмеченных в условиях фона 0,7НВ.

Повышенная густота стояния травостоя, отмеченная на орошаемых фонах опыта, позволила получить достоверную прибавку урожайности сухого вещества не только на фоне 0,7НВ (4,64–8,68 т/га), но и на фоне 0,8НВ (2,12–4,03 т/га). Однако фон 0,8НВ на протяжении всего периода исследований существенно уступал фону 0,7НВ по урожайности сухого вещества (0,61–4,84 т/га).

ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 февраля 2021 г., № 59 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.

2. Шелюто, Б. В. Биолого-технологическое обоснование приемов повышения эффективности возделывания многолетних трав в системе сырьевых конвейеров в Беларуси : дис. … д-ра с.-х. наук : 06.01.09 / Б. В. Шелюто. – Горки, 2010. – 309 л.

3. Дрозд, Д. А. Организация сырьевого конвейера из различных по скороспелости сортов клевера лугового / Д. А. Дрозд // Мелиорация. – 2020. – № 1 (91). – С. 71–77.

4. Технологический регламент, техническое обеспечение и технологические карты выращивания и заготовки кормов из трав : регламент : утв. НТС М-ва сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, протокол № 5 от 11.04.2011 / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва», РНДУП «Институт мелиорации». – Минск, 2011. – 79 с.

5. Зайцева, М. М. Повышение продуктивности травостоев клевера гибридного и травосмесей с ним под влиянием орошения / М. М. Зайцева, Б. В. Шелюто // Гл. агроном. – 2015. – № 4. – С. 43–45.

УДК 631.671:633.321

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО СОРТА ЦУДОЎНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ УВЛАЖНЕНИЯ

Д. А. Дрозд, канд. с.-х. наук, доцент,
заведующий кафедрой кадастра и земельного права
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

А. С. Подлужная, канд. биол. наук,
директор Института землеустройства, кадастров и природообустройства
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»,
г. Красноярск, Российская Федерация

Ключевые слова: клевер луговой, орошение, водопотребление.

Аннотация. Основной целью выполненных исследований, являлась оценка влияния орошения на водопотребление раннеспелого сорта клевера лугового Цудоўны. В результате выполненных исследований было установлено, что наибольшее водопотребление отмечено у посевов клевера лугового сорта Цудоўны, возделываемых в условиях варианта 70 % НВ.

Keywords: meadow clover, irrigation, water consumption.

Summary. The main purpose of the performed research was to assess the effect of irrigation on water consumption of the early-maturing variety of meadow clover Tsudona. As a result of the performed studies, it was found that the greatest water consumption was observed in crops of meadow clover of the Tsudoun variety cultivated under the conditions of the 70 % HB variant.

Клевер луговой является одной из важнейших кормовых культур, возделываемых в Республике Беларусь. В среднем по Республике посевами клеверов занято около 65 % пахотных земель, от общего объема сельскохозяйственных угодий, отведенных под многолетние бобовые травы [1, 2].

Как и любая другая культура, клевер луговой предъявляет свои требования к обеспеченности тепловой и световой энергией, почвенной влагой и запасам питательных веществ в ней. Регулировать поступление тепла и света к посевам клевера лугового практически не-

возможно, а вот изменять степень почвенной влагообеспеченности можно за счет дополнительного увлажнения земель.

Поступление влаги в почву как естественным, так и искусственным способом является приходной частью уравнения водного баланса. Расходной частью данного уравнения является водопотребление и внутрипочвенный и поверхностный сток излишних для почвы вод. Знание всех вышеуказанных показателей, позволяет выразить из уравнения водного баланса водопотребление и с высокой точностью определить его численное значение [3, 4].

Эксперимент по определению величины водопотребления осуществлялся в 2017–2020 гг. на дерново-палево-подзолистых обычных легкосуглинистых почвах северо-восточной части Республики Беларусь. Почвы опытного участка характеризовались следующими агрохимическими и водно-физическими показателями: гумус – 1,48–1,66 %, P_2O_5 – 203,0–320,4 мг/кг, K_2O – 251,0–423,0 мг/кг, pH – 5,70–5,80, $И_{окульт}$ – 0,71–0,99, плотность сложения в расчетном слое 0–30 см – 1,38–1,39 г/см^3, наименьшая влагоемкость в аналогичном слое почвы – 22,63–23,82 % от массы сухой почвы.

В исследованиях был использован раннеспелый сорт клевера лугового Цудоўны. Норма высева клевера лугового принята равной 8 кг/га, из расчета 100 % посевной годности. Глубина заделки семян 1,5 см, ширина междурядий 15 см [3].

Опыт заложен по следующей схеме:

1. Контроль;
2. Нижний предел оптимальной влажности почвы 70 % НВ;
3. Нижний предел оптимальной влажности почвы 80 % НВ.

Поддержание почвенных влагозапасов в указанных пределах осуществлялось методом дождевания барабанно-шланговой дождевальной установкой Bauer Rainstar T-61. Поливные нормы приняты равными 20 мм и 30 мм для вариантов 80 % НВ и 70 % НВ соответственно [4].

В наших исследованиях, оптимальным по увлажнению был 2018 г. (ГТК = 1,34), а избыточно увлажненными 2017 и 2020 гг. (ГТК = 1,78–1,89). Однако несмотря на это, неравномерное выпадение осадков внутри вегетационных периодов приводило к периодическому снижению почвенных влагозапасов до ранее установленных нижних границ, в эти промежутки времени выполнялись поливы (таблица).

Полученные данные указывают на то, что оросительная норма зависит не только от уровня тепловлагообеспеченности, но и от варианта

орошения. Величина оросительной нормы варьирует от 20–100 мм в условиях варианта 80 % НВ до максимальных 30–120 мм, отмеченных на втором варианте с орошением.

Оросительная норма, водопотребление и урожайность сухого вещества клевера лугового в годы исследований

Показатели	Годы и варианты орошения								
	Контроль			70 % НВ			80 % НВ		
	2017	2018	2020	2017	2018	2020	2017	2018	2020
Оросительная норма, мм	–	–	–	110	120	30	100	100	20
Водопотребление, мм	325,3	312,3	368,9	357,2	382,65	394,8	340,0	350,6	372,5
Урожайность сухого вещества, т/га	9,24	11,66	15,65	13,88	17,37	22,69	13,27	14,37	19,51
Прибавка от орошения, т/га	–	–	–	4,64	5,71	7,04	4,03	2,71	3,86
$НСР_{05}$	0,38	0,40	0,45	–	–	–	–	–	–

Дополнительная влага, поступающая в почву во время поливов, не только достоверно и существенной повысила урожайность сухого вещества орошаемых вариантов опыта на 2,71–7,04 т/га, но и оказала влияние на суммарное водопотребление. Его величина колеблется от 312,3–368,9 мм в варианте без орошения, до 340,0–372,5 мм и 357,2–394,8 мм в вариантах 80 % НВ и 70 % НВ соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Привалов, Ф. И. Оптимизация структуры многолетних трав как фактор растительного стабилизации производства кормов и растительного белка / Ф. И. Привалов, П. П. Васько, Е. Р. Клыга // Земледелие и селекция в Беларуси : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – Мн., 2016. – Вып. 52. – С. 207–213.

2. Дрозд, Д. А. Организация сырьевого конвейера из различных по скороспелости сортов клевера лугового / Д. А. Дрозд // Мелиорация. – 2020. – № 1 (91). – С. 71–77.

3. Технологии и техническое обеспечение производства высококачественных кормов: рекомендации / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», РНДУП «Институт мелиорации». – Мн.: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2013. – 74 с.

4. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации : учебник для студентов высших учебных заведений по специальности «Мелиорация и водное хозяйство» / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов; под ред. А. П. Лихацевича. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.

УДК 631.6:502.5

СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИИ В АГРОЛАНДШАФТНОЙ ИНЖЕНЕРИИ ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА МЕЖСЕЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ БЕЛАРУСИ

А. В. Дубина, ст. преподаватель
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: агроландшафтная инженерия, межселенные территории, мелиорация земель, цифровое моделирование, торфяники, бассейновые советы, Беларусь

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к агроландшафтной инженерии в контексте обустройства межселенных территорий Республики Беларусь. На основе анализа научных публикаций, законодательных актов и практических разработок последних лет обоснована смена парадигмы от традиционной мелиорации к интегрированному управлению ландшафтными процессами.

Keywords: agrolandscape engineering, inter-settlement territories, land reclamation, digital modeling, peatlands, basin councils, Belarus

Summary. This article examines modern approaches to agro-landscape engineering in the context of developing inter-settlement areas in the Republic of Belarus. Based on an analysis of scientific publications, legislation, and practical developments of recent years, a paradigm shift from traditional melioration to integrated landscape management is substantiated.

Введение. Республика Беларусь характеризуется высокой долей мелиорированных земель: более 2,9 млн га осушенных сельскохозяйственных угодий, из которых 2,2 млн га оборудованы закрытым дренажем [2, 7]. Общая протяженность закрытых дренажных линий составляет около 975 тыс. км, а количество гидротехнических сооружений исчисляется десятками тысяч единиц [2]. В то же время более 1,5 млн га торфяников подверглись деградации в результате осушения для промышленной добычи торфа и сельскохозяйственного использования [4].

В условиях климатических изменений и необходимости обеспечения продовольственной безопасности перед агроландшафтной инженерией Беларуси стоят новые вызовы: поддержание работоспособности стареющих мелиоративных систем, снижение выбросов парнико-

вых газов от осушенных торфяников, адаптация землепользования к чередованию засушливых и многоводных периодов, а также интеграция цифровых технологий в управление земельными ресурсами [2, 4].

Цель работы – систематизация инновационных подходов в агроландшафтной инженерии, реализуемых на межселенных территориях Республики Беларусь, с учетом национальной специфики и современных научно-технических достижений.

1. Нормативно-правовая база и институциональная структура.

Агроландшафтная инженерия в Беларуси осуществляется в рамках Закона Республики Беларусь «О мелиорации земель» (2008 г.), который закрепляет ключевые понятия и принципы деятельности [6]. Важнейшими терминами, определяющими современную практику, выступают:

- двустороннее регулирование водного режима почв в зависимости от потребностей растений;
- защитные насаждения – противоэрозионные и водоохранные леса, создаваемые для защиты почв и гидротехнических сооружений;
- культуртехническая неустроенность территории [6].

Институциональным ядром научного обеспечения агроландшафтной инженерии является НАН Беларуси. В структуре НАН функционируют специализированные организации: РУП «Институт мелиорации» (в составе НПЦ НАН Беларуси по земледелию), Институт почвоведения и агрохимии, НПЦ по механизации сельского хозяйства и другие [5, 7].

2. Цифровые технологии в ландшафтном планировании.

Переход к высокоточному земледелию и интеллектуальному управлению мелиоративными системами требует создания цифровых моделей рельефа и карт неоднородности полей. Исследования, проведенные в Витебской области, демонстрируют необходимость использования данных дистанционного зондирования Земли и беспилотной аэрофотосъемки для формирования цифровых карт границ угодий и неоднородности агроэкосистем [1].

В работах специалистов Института мелиорации разработаны алгоритмы автоматизации проектирования реконструкции мелиоративных систем с использованием геоинформационных систем (ГИС). Ключевые технологические решения включают:

- построение матриц рельефа для идентификации западинных форм;
- расчет русел естественного стекания и водосборных площадей;
- учет влияния существующей мелиоративной сети на поверхностный сток [7].

3. Инновации в эксплуатации мелиоративных систем.

На мелиоративно-строительном факультете Белорусской государственной сельскохозяйственной академии и в РУП «Институт мелиорации» разработаны и внедрены [2]:

- установка ОД-100 – для оценки внутреннего состояния коллекторов и выполнения ремонтных работ;
- установка УПД-120 – для промывки закрытой дренажной сети от заиления;
- установка УПК-30 – инновационная разработка института мелиорации, позволяющая осуществлять гидродинамическую очистку коллекторной части дренажной сети с меньшими трудозатратами и себестоимостью по сравнению с традиционными методами.

4. Экологическая реабилитация торфяников: белорусская модель.

Под руководством кандидата наук А. В. Козулина разработана «белорусская модель» реабилитации торфяников умеренного пояса, которая включает:

- блокирование дренажных канав с использованием местных материалов (торф, древесина) и, в редких случаях, бетонных конструкций;
- создание регулируемых подпорных сооружений, позволяющих управлять уровнем воды;
- восстановление гидрологического режима без дорогостоящего посева – болотные сообщества восстанавливаются естественным путем при возвращении грунтовых вод [4].

С 2009 г. в Беларуси восстановлено более 73 тыс. га деградированных торфяников [9]. Эффективность реабилитации подтверждается:

- прекращением ежегодной эмиссии около 448 тыс. т CO_2 на первых 10 восстановленных участках;
- увеличением плотности водоплавающих птиц на 12–16 %;
- возвращением краснокнижных видов – водной пеночки, большого подорлика, чернохвостой поганки [4].

В 2023 г. экологическая реабилитация проведена на торфянике «Погонянское-2» в Гомельской области (площадь 5 946,2 га) в рамках программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС [9].

5. Природоподобные решения и сохранение ландшафтного разнообразия.

Важным направлением агроландшафтной инженерии становится сохранение и восстановление уникальных техногенно-природных комплексов. Примером служат затопленные меловые карьеры в Вол-

ковысском районе (Колядичи. В 2025 г. принято решение о придании этому объекту статуса памятника природы) [3].

Значение объекта для науки и практики:

- демонстрация естественного восстановления экосистем на нарушенных землях;

- формирование популяций краснокнижных видов — горечавки крестообразной, дуба скального, жужелицы фиолетовой;

- стихийное заселение водоемов рыбами (карась, плотва, лещ, щука, окунь) без искусственного зарыбления;

- развитие научного туризма как альтернативы рекультивации.

6. Бассейновый принцип управления водными ресурсами.

В 2025 г. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды сформировало бассейновые советы для пяти крупнейших рек Беларуси: Западная Двина, Неман, Западный Буг, Припять и Днепр [8].

Задачи бассейновых советов:

- выработка рекомендаций по защите и устойчивому использованию водных ресурсов;

- координация деятельности различных ведомств в пределах водосборных бассейнов;

- обеспечение интеграции подходов к управлению водными и земельными ресурсами.

Этот подход создает основу для реализации водораздел-ориентированного подхода в агроландшафтной инженерии, при котором проектные решения принимаются с учетом гидрологической целостности бассейна.

7. Инновации в почвообработке и техническом оснащении.

Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства разработал ряд технических средств, обеспечивающих ресурсосберегающую обработку почвы на межселенных территориях:

- агрегат почвообрабатывающий модульный АПМ-6 – выполняет за один проход измельчение и заделку растительных остатков, рыхление почвы, обеспечивая снижение расхода горючего и сокращение потребности в механизаторах;

- грабли-валкователи гребенчатого типа ГВГ-9,5 – снижают засоренность кормов примесями на 70 %, улучшая качество кормов;

- ленточный валкователь ВЛ-10 – исключает попадание примесей в травяные корма [10].

8. Перспективные направления развития.

Анализ современного состояния агроландшафтной инженерии в Беларуси позволяет выделить следующие перспективные направления:

1. Расширение площади экологической реабилитации торфяников. До 2030 г. планируется разработка национального плана действий по предотвращению деградации земель в рамках Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием [9].

2. Внедрение систем двустороннего регулирования.

3. Развитие цифрового мониторинга мелиоративных систем.

4. Интеграция подходов к управлению земельными и водными ресурсами в рамках бассейновых советов.

Заключение. Ключевыми инновационными направлениями в агроландшафтной инженерии выступают:

- цифровое картографирование и ГИС-моделирование для обоснования проектных решений;
- разработка и внедрение специализированного оборудования для диагностики и восстановления закрытых дренажных систем;
- экологическая реабилитация деградированных торфяников;
- сохранение уникальных техногенно-природных ландшафтов (меловые карьеры);
- переход к бассейновому принципу управления водными ресурсами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Селезнева, А. В. Создание цифровых моделей неоднородностей полей как основа внедрения технологий точного земледелия / А. В. Селезнева; науч. рук. А. Б. Торбенко // XIX Машеровские чтения : материалы междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 24 окт. 2025 г. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2025. – Т. 1. – С. 161–163.

2. Романов, И. А. Инновации при эксплуатации мелиоративных систем / И. А. Романов // Новости Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022.

3. Устин, В. «Белорусские Мальдивы» станут памятником природы. Чем уникальны затопленные Волковысские карьеры / В. Устин // Минск-новости. – 2025.

4. ПРООН. Белорусская модель восстановления торфяников умеренного пояса. – URL: https://panorama.solutions (дата обращения: 30.09.2025).

5. Национальная академия наук Беларуси. About 50 organizations of the NAS of Belarus present over 200 developments and technologies at “BELAGRO-2025”. – 2025. – URL: https://nasb.gov.by (дата обращения: 26.03.2026).

6. О мелиорации земель : Закон Республики Беларусь от 23 июля 2008 г. № 423-З (в действующей редакции) // Belzakon.net.

7. Вахонин, Н. К. Автоматизация проектирования реконструкции мелиоративных систем с использованием цифровой модели рельефа в ГИС / Н. К. Вахонин, Л. Н. Оскирко, С. М. Шумский // Мелиорация. – 2014. – № 1 (71). – С. 7–21.

8. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды. Для пяти крупнейших рек Беларуси созданы бассейновые советы // Беларусь сегодня. – 2025.

9. Бартошевич, Л. Экологическую реабилитацию торфяников в Беларуси провели почти на 73 тыс. га / Л. Бартошевич // БелТА. – 2024.

10. Комлач, Д. Белорусские ученые резко ускорили создание умной техники для села, которая используется от Бреста до Сахалина / Д. Комлач // Беларусь сегодня. – 2026.

УДК 631.6(476)

ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРОВ-МЕЛИОРАТОРОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: СУЩЕСТВУЮЩИЕ ТРУДНОСТИ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

Ю. Н. Дуброва, канд. с.-х. наук, доцент,
декан мелиоративно-строительного факультета
А. А. Боровиков, канд. техн. наук, доцент
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: мелиорация земель, подготовка инженеров-мелиораторов.

Аннотация. Рассмотрено состояние подготовки инженеров-мелиораторов в Республике Беларусь, выявлены существующие трудности и озвучены предложения по их преодолению.

Keywords: land reclamation, training of land reclamation engineers.

Summary. The article examines the state of training of land reclamation engineers in the Republic of Belarus, identifies existing difficulties, and provides suggestions for overcoming them.

Мелиорация земель на протяжении десятилетий является стратегическим направлением агропромышленного комплекса Республики Беларусь. Страна, значительная часть территории которой приходится на Полесье с его обширными массивами осушенных земель, обладает уникальной инфраструктурой мелиоративных систем. Согласно данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия, в сельскохозяйственном производстве республики сегодня используется порядка 2,8 млн га мелиорированных земель, что составляет 35 % от их общего количества. На сегодняшний день значительная часть мелиоративных систем нуждается в реконструкции вследствие износа [1].

Однако для эффективного управления и модернизации этой инфраструктуры требуются не просто рабочие руки, а высококвалифицированные инженерные кадры, способные решать сложные задачи гидротехнического строительства, эксплуатации систем и экологической безопасности.

Сегодня система высшего мелиоративного образования в Республике Беларусь сталкивается с рядом серьезных вызовов, требующих

комплексного и системного подхода. В статье рассматриваются основные трудности, возникающие при подготовке кадров для мелиоративной отрасли, и предлагаются пути их преодоления на основе анализа актуальных исследований и практического опыта белорусских вузов.

Одной из наиболее острых проблем является острый дефицит квалифицированных инженерных кадров в мелиоративной отрасли. В области кадрового обеспечения, в настоящее время складывается сложная ситуация с привлечением молодых специалистов на предприятия водного хозяйства и мелиорации. В статье «Кадровое обеспечение мелиорации и водного хозяйства: от абитуриента к инженеру» (2025) прямо указывается, что проблема обеспечения отрасли инженерными кадрами является одной из наиболее актуальных [2].

Корень проблемы кроется в низком престиже инженерно-технических и, в частности, мелиоративных специальностей среди абитуриентов. Абитуриенты все чаще смотрят в сторону гуманитарных, экономических и IT-направлений, что приводит к «кадровому голоду» в реальном секторе экономики. Данная тенденция неоднократно становилась предметом обсуждения на высшем государственном уровне. Президент Республики Беларусь на встрече с ректорами учреждений высшего образования в 2024 г. подчеркнул опасность повторения ошибок 1990-х гг., когда вузы готовили избыточное количество непрофильных специалистов, которые затем не могли найти работу по специальности [3].

Дисбаланс спроса и предложения на рынке труда является прямым следствием того, что непрестижность сельскохозяйственного образования в глазах молодежи остается высокой, а система профориентации не в полной мере отражает реальные потребности экономики. Как результат, на критически важные специальности для продовольственной безопасности страны, наблюдается недобор абитуриентов или поступают студенты с низкими баллами, что изначально снижает потенциал будущих инженерных кадров.

Низкий престиж профессии – это лишь вершина айсберга. Система подготовки инженерных кадров для мелиорации и водного хозяйства сталкивается с внутренними проблемами, которые усугубляют кадровый кризис. Одной из главных проблем является разрыв между теоретической подготовкой в вузе и реальными потребностями производства [2]. Студенты порой не имеют достаточного представления о специфике будущей работы, а учебные программы не всегда успевают за технологическими изменениями в отрасли.

В результате даже после окончания вуза молодой специалист нуждается в длительной доработке на рабочем месте, что снижает его мо-

тивацию и увеличивает риск ухода из профессии. Механизмы целевой подготовки, несмотря на свое существование, оказываются низкоэффективными. Закрепляемость выпускников на первом рабочем месте, особенно в сельской местности, оставляет желать лучшего. Студенты, обучающиеся на условиях целевой подготовки специалистов, не всегда в полной мере погружены в специфику конкретного предприятия-заказчика, а сами предприятия не всегда создают достаточные социальные и бытовые условия для привлечения и удержания молодых кадров.

Устаревание материально-технической оснащенности профильных кафедр является еще одним фактором. Без современного оборудования и лабораторий невозможно готовить инженеров, способных работать с цифровыми технологиями, системами автоматизированного проектирования и современными методами контроля. Это создает замкнутый круг: отрасль требует новых знаний, а система образования не может их дать в полном объеме из-за отставания в технологическом оснащении. Мелиорация в Беларуси сегодня требует внедрения современных технологий: цифрового мониторинга гидротехнических сооружений, систем точного орошения, методов биологической рекультивации торфяников. Однако, если вузы не обновляют материально-техническую базу и программы, а преподавательский состав не омолаживается, качество подготовки неизбежно отстает от требований заказчиков [4]. Понимая всю сложность проблемы, в последние годы на мелиоративно-строительном факультете ведется планомерная работа по укреплению материально-технической базы, повышению остепененности педагогического состава, в том числе благодаря тесному сотрудничеству с коллегами из Российской Федерации.

Осознавая глубину проблемы государство активно ищет пути ее решения. Ключевым документом в этой области стала Концепция развития инженерного образования в Республике Беларусь на период до 2035 года, утвержденная постановлением Совета Министров № 264 от 15 мая 2025 года. Данная концепция определяет стратегические направления модернизации всей системы подготовки инженерных кадров, включая мелиораторов [5].

Одним из главных инструментов реализации концепции становится создание на базе ведущих вузов центров компетенций. В интервью первый заместитель министра образования Александр Баханович отметил [6], что поставлена задача с 2025 года приступить к созданию на базе вузов не менее 12 таких центров инженерно-технического профиля (в БГУ, БНТУ, БГТУ, ПГУ, ГГТУ, БРУ и др.). В рамках работы цен-

тров компетенций предполагается закупка современного высокотехнологичного оборудования для обеспечения опережающей подготовки специалистов с учетом потребностей организаций-заказчиков кадров. Это позволит студентам знакомиться в процессе обучения с оборудованием, которое реально используется в отрасли, и сократит разрыв между учебой и практикой.

Вторым немаловажным направлением является совершенствование механизмов целевой подготовки. Концепция [5] предусматривает включение в программы вузов дисциплин под потребности конкретных предприятий реального сектора экономики, а также расширение подготовки кадров по междисциплинарным специальностям. Это означает, что обучение инженера-мелиоратора станет более индивидуализированным и ориентированным на запросы конкретного работодателя, что повысит его мотивацию и закрепляемость на рабочем месте.

Решение проблемы престижа специальности невозможно без активной кооперации государства, образовательных учреждений и производства. Как отмечено в статье [2], проблема престижа специальности «мелиорация и водное хозяйство» должна решаться совместными усилиями всех заинтересованных сторон. Это подразумевает проведение профориентационной работы, популяризацию инженерных профессий через СМИ, а также создание привлекательных условий труда и достойной заработной платы на мелиоративных предприятиях.

Подготовка инженеров-мелиораторов в Республике Беларусь переживает сложный, но необходимый этап трансформации. Существующие трудности – от падения престижа профессии и кадрового дефицита до отрыва теоретической подготовки от практических нужд производства – требуют решительных и системных действий.

Принятая Концепция развития инженерного образования до 2035 года и начавшееся создание центров компетенций являются важными шагами на пути к модернизации всей системы. Успех преобразований будет зависеть от слаженной работы всех участников процесса: государства, вузов, научных институтов и предприятий-заказчиков кадров. Ведь только совместными усилиями можно вернуть престиж инженерной профессии, обеспечить мелиоративную отрасль высококвалифицированными кадрами и, как следствие, гарантировать продовольственную безопасность и технологическую независимость страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровиков, А. А. Мелиорация в Беларуси: состояние, проблемы и пути решения / А. А. Боровиков, В. С. Бочарников, И. А. Романов // Мелиорация будущего: трен-

ды, инновации и технологии в сельском хозяйстве: материалы междунар. форума молодых ученых, посвящ. 100-летию образования ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, Москва, 28–29 марта 2024 г. – М.: Всерос. Науч.-исслед. Ин-т гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, 2024. – С. 120–127.

2. Мешик, О. П. Кадровое обеспечение мелиорации и водного хозяйства: от абитуриента к инженеру / О. П. Мешик, М. В. Борушко // Мелиорация. – 2025. – № 4 (114). – С. 43–49.

3. Лукашэнка абазначыў галоўныя праблемы вышэйшай адукацыі ў Беларусі. – Sputnik Беларусь, 13.02.2024. – URL: https://bel.sputnik.by/20240213/lukashenka-abaznachy- galonyya-prablemy- vysheyshay- adukatsy-belarus- 1083601913.html (дата обращения: 20.03.2026).

4. Боровиков, А. А. Инженерное образование в современных условиях: вызовы и пути решения / А. А. Боровиков // Инновационные технологии в мелиорации и обустройстве сельских населенных пунктов: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 28 февр. 2025 г. – Горки: БГСХА, 2025. – С. 20–24.

5. Концепция развития инженерного образования в Республике Беларусь на период до 2035 года. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 17.05.2025, 5/54845. – URL: https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22500264 (дата доступа: 20.03.2026).

6. Александр Баханович: Центры компетенций, студенческие конструкторские бюро. Как изменится подготовка инженеров. – БЕЛТА, 23.05.2025. – URL: https://belta.by/interview/view/ tsentry-kompetentsij-studencheskie-konstruktorskie-bjuro-kak-izmenitsja-podgotovka-inzhenerov-9677/ (дата обращения: 20.03.2026).

УДК 631.67:633.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ОДНОЛЕТНИХ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В СОСТАВЕ ЗЕЛЕНОГО КОНВЕЙЕРА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В. В. Дятлов, канд. техн. наук, доцент
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: водопотребление (эвапотранспирация), водный баланс, однолетние кормовые культуры, зеленый конвейер, методы определения, биоклиматический метод, коэффициент, орошение, северо-восток Беларуси.

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ эффективности методов определения водопотребления однолетних кормо-

вых культур в составе зеленого конвейера в почвенно-климатических условиях северо-восточной части Республики Беларусь. Рассмотрены основные методические подходы, выполнен обзор методов определения водопотребления, проанализирована климатическая характеристика региона, рассмотрена эффективность методов в контексте зеленого конвейера, представлены результаты сравнительного анализа методов определения эвапотранспирации, заключение. Для анализа методов рассматривались биоклиматический, гидрометеорологический, теплобалансовый, водно-теплобалансовый, физиологический, а также метод FAO-56. На основе анализа литературных источников и результатов полевых исследований выявлены преимущества и ограничения каждого метода. Установлено, что биоклиматический метод с использованием биотермических коэффициентов обеспечивает наибольшую точность прогноза суммарного водопотребления в условиях региона. Предложены практические рекомендации по совершенствованию водобалансовых расчетов для оптимизации режимов орошения в системе зеленого конвейера.

Keywords: water consumption (evapotranspiration), water balance, annual fodder crops, green conveyor, determination methods, bioclimatic method, coefficient, irrigation, northeast of Belarus.

Summary. The article presents a comparative analysis of the effectiveness of methods for determining the water consumption of annual fodder crops as part of the green conveyor in the soil and climatic conditions of the northeastern part of the Republic of Belarus. The main methodological approaches are considered, a review of methods for determining water consumption is performed, the climatic characteristics of the region are analyzed, the effectiveness of methods in the context of the green conveyor is considered, the results of a comparative analysis of methods for determining evapotranspiration are presented, and a conclusion is made. The methods considered for analysis include bioclimatic, hydrometeorological, heat balance, water-heat balance, physiological, and the FAO-56 method. Based on the analysis of literature sources and the results of field studies, the following is identified

Введение. На территории Республики Беларусь в последние десятилетия наблюдается устойчивое увеличение дефицита водного баланса для кормовых культур, что обусловлено как климатическими изменениями, так и неравномерным распределением атмосферных осадков в течение вегетационного периода. Особенно остро данная проблема

проявляется в северо-восточной части страны, где природно-климатические условия характеризуются неустойчивым увлажнением, относительно низкими среднегодовыми температурами и ограниченной продолжительностью вегетационного периода (180–189 суток).

Одним из перспективных направлений повышения продуктивности кормопроизводства является организация зеленого конвейера – системы последовательного выращивания кормовых культур, обеспечивающей бесперебойное снабжение животных зелеными кормами на протяжении всего пастбищного периода. При этом ключевым фактором, лимитирующим продуктивность однолетних кормовых культур в составе зеленого конвейера, является водный режим почвы.

В связи с этим актуальной научно-практической задачей выступает обоснование выбора наиболее эффективного метода определения водопотребления культур, возделываемых в системе зеленого конвейера, для последующего проектирования оптимальных режимов орошения.

Следует отметить, что научных изысканий по нашей тематике в северо-восточном регионе нашей республики проводилось учёными Беларуси совсем не много. Определением эффективности орошения однолетних кормовых культур, а также культур зеленого конвейера в северо-восточной части Беларуси занимались А. А. Бубер, С. В. Брыль, Г. В. Латушкина, В. И. Желязко, В. М. Лукашевич, В. В. Дятлов, Д. А. Дрозд.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований выступают однолетние кормовые культуры, традиционно используемые в зеленом конвейере: озимая рожь, озимый рапс, викоовсяная смесь, суданская трава, кукуруза на зеленый корм, японское просо и другие. Почвенный покров региона представлен преимущественно дерново-подзолистыми суглинистыми почвами.

В работе проведен критический анализ следующих методов определения водопотребления: биоклиматический метод; гидрометеорологический метод; теплобалансовый метод; водно-теплобалансовый метод; физиологический метод; метод FAO-56 (метод «уравнение связи»).

Критериями сравнительной оценки выступали точность расчетов, доступность исходных данных, трудоемкость вычислений, возможность оперативной корректировки режимов орошения.

Результаты исследований и их обсуждение.

Общая характеристика методов определения водопотребления.

Суммарное водопотребление сельскохозяйственной культуры представляет собой совокупный расход влаги на транспирацию расте-

ний и испарение с поверхности почвы за вегетационный период. В современной научной литературе выделяют пять основных методических подходов к его обоснованию: гидрометеорологический, теплобалансовый, водно-теплобалансовый, физиологический и метод «уравнения связи». Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки, которые необходимо учитывать при выборе расчетной схемы для конкретных почвенно-климатических условий.

Биоклиматический метод.

Как показали результаты многочисленных исследований, наиболее точным является биоклиматический метод расчета водопотребления, основанный на использовании устойчивой корреляции потребления влаги сельскохозяйственным полем с метеопоказателями (дефицитом влажности воздуха, среднесуточной или максимальной температурой). В расчетах водопотребления растений биологическая составляющая учитывается через биотермические коэффициенты.

В условиях северо-восточной части Беларуси практическое применение биоклиматического метода требует уточнения биотермических коэффициентов для основных культур зеленого конвейера. Сравнительный анализ измеренных в поле и рассчитанных почвенных влагозапасов показал, что точность расчета водного баланса почвы существенно зависит от способа установления биотермических коэффициентов.

Рассмотрим метод FAO-56.

Международной организацией продовольствия и сельского хозяйства (FAO) разработана стандартизированная методология FAO-56, позволяющая рассчитывать эвапотранспирацию культур на основе эталонной эвапотранспирации (ET_0) и культурных коэффициентов (Kc). Данный подход широко применяется для определения потребности сельскохозяйственных культур в воде при проектировании оросительных систем. Однако точность метода FAO-56 в условиях северо-востока Беларуси ограничена необходимостью калибровки культурных коэффициентов для местных сортов и гибридов кормовых культур.

Сравнительная оценка методов.

Проведенный анализ позволяет констатировать, что для условий северо-восточной части Республики Беларусь оптимальным является биоклиматический метод определения водопотребления однолетних кормовых культур (таблице).

Сравнительная характеристика методов определения водопотребления

Метод	Точность	Доступность данных	Трудоемкость	Применимость в условиях региона
Биоклиматический	Высокая	Высокая	Средняя	Высокая
Гидрометеорологический	Средняя	Высокая	Низкая	Средняя
Теплобалансовый	Высокая	Низкая	Высокая	Низкая
Водно-теплобалансовый	Высокая	Низкая	Высокая	Низкая
Физиологический	Высокая	Низкая	Высокая	Низкая
FAO-56	Средняя	Средняя	Средняя	Средняя (требует калибровки)

Биоклиматический метод базируется на устойчивой корреляции водопотребления с метеорологическими показателями, что позволяет использовать данные стандартных метеостанций для оперативного прогнозирования. Для однолетних кормовых культур, возделываемых в зеленом конвейере, разработаны региональные биотермические коэффициенты, обеспечивающие высокую точность расчетов при минимуме исходных данных.

Гидрометеорологический метод, основанный на анализе многолетних рядов осадков и температуры, дает удовлетворительные результаты при долгосрочном планировании, но недостаточно чувствителен к внутри сезонной изменчивости погодных условий. Тепло балансовые и физиологические методы, несмотря на высокую теоретическую точность, требуют сложного экспериментального оборудования и трудоемких натурных наблюдений, что ограничивает их применение в производственных условиях.

Метод FAO-56, широко используемый в международной практике, требует адаптации стандартных культурных коэффициентов к конкретным почвенно-климатическим условиям региона и сортовым особенностям возделываемых культур.

Практические рекомендации.

Для повышения эффективности определения водопотребления однолетних кормовых культур в составе зеленого конвейера на северо-востоке Беларуси рекомендуется:

– применять биоклиматический метод с использованием максимальной суточной температуры воздуха в качестве ведущего метеопоказателя;

– провести калибровку биотермических коэффициентов для основных культур зеленого конвейера (озимой ржи, викоовсяной смеси, суданской травы, кукурузы) в условиях дерново-подзолистых суглинистых почв;

– организовать мониторинг фактического водопотребления на опорных участках с использованием лизиметрических установок для верификации расчетных моделей;

– разработать автоматизированную систему поддержки принятия решений для оперативного расчета оптимальных режимов орошения на основе биоклиматического метода.

Заключение. Проведенный сравнительный анализ показал, что биоклиматический метод определения водопотребления является наиболее эффективным для однолетних кормовых культур в условиях северо-восточной части Республики Беларусь. Его применение в сочетании с уточненными региональными биотермическими коэффициентами позволяет обеспечить необходимую точность водобалансовых расчетов при проектировании и эксплуатации систем орошения в зеленом конвейере. Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование методики определения биотермических коэффициентов с учетом современных климатических тенденций и сортовых особенностей кормовых культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бубер, А. А. Анализ методических подходов к обоснованию режимов орошения сельскохозяйственных культур / А. А. Бубер, С. В. Брыль // Экология и строительство. – 2024. – № 4. – С. 52–58.

2. Латушкина, Г. В. Эффективность орошения кормовых и овощных культур в условиях Беларуси / Г. В. Латушкина, В. И. Желязко, В. М. Лукашевич // Мелиорация. – 2021. – № 2 (96). – С. 37–41.

3. Дятлов, В. В. Обоснование орошения однолетних кормовых культур на дерново-подзолистых суглинистых почвах в условиях северо-восточной зоны Республики Беларусь: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. В. Дятлов. – Мн., 1994. – 26 с.

4. Дрозд, Д. А. Оценка влияния орошения на рост и развитие ярового ячменя в условиях северо-востока Республики Беларусь / Д. А. Дрозд // Вестник БГСХА. – 2024. – № 2. – С. 80–83.

5. Агроклиматические ресурсы Беларуси и их оценка [Электронный ресурс].

6. Зелёный конвейер: проектирование и внедрение системы бесперебойного кормоснабжения. [Электронный ресурс].

УДК 612.67+613.98+504.75

ВЛИЯНИЕ ВОДЫ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ: ЗНАЧЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД АЗЕРБАЙДЖАНА В ДАННОМ КОНТЕКСТЕ

З. М. Кадимова, вед. науч. сотрудник
Институт физиологии им. А. Караева,
Министерство науки и образования Азербайджанской Республики,
г. Баку, Азербайджанская Республика

Ключевые слова: водные ресурсы, минеральные воды Азербайджана, здоровье человека, продолжительность жизни, метаболизм.

Аннотация. Вода является одним из основных природных ресурсов, играющих важную роль в обеспечении физиологической деятельности человеческого организма. С точки зрения сохранения здоровья человека и увеличения продолжительности жизни особое значение имеет качественная питьевая вода, в частности минеральные воды. Азербайджан относится к числу стран, обладающих богатыми запасами минеральных вод, многие из которых отличаются выраженными лечебными свойствами. В статье рассматривается влияние воды на здоровье человека, физиологическое значение минеральных вод, а также роль существующих в Азербайджане источников минеральных вод в поддержании здоровья. Одновременно проводится научный анализ химического состава минеральных вод и их влияния на метаболические процессы.

Keywords: water resources, Azerbaijani mineral waters, human health, life expectancy, metabolism.

Summary. Water is one of the primary natural resources, playing a crucial role in supporting the physiological functions of the human body. From the perspective of maintaining human health and increasing life expectancy, the quality of drinking water, particularly mineral waters, is of paramount importance. Azerbaijan is among the countries with abundant mineral water reserves, many of which are distinguished by pronounced therapeutic properties. This paper examines the impact of water on human health, the physiological significance of mineral waters, and the role of existing mineral water sources in Azerbaijan in promoting health. Simultaneously, a scientific analysis of the chemical composition of mineral waters and their influence on metabolic processes is conducted.

Введение. Вода является одним из важнейших компонентов биосферы и основным биологическим фактором, обеспечивающим непрерывность человеческой жизни, а также играет значительную роль в поддержании физиологической стабильности организма человека. Современные исследования показывают, что в среднем около 60–70 % человеческого организма состоит из воды, и по этой причине качество воды, её минеральный состав и суточный объём потребления тесно связаны со здоровьем человека и продолжительностью жизни. Также установлено, что качественная питьевая вода играет важную роль в регуляции обмена веществ в организме, выведении токсинов и осуществлении различных физиологических процессов.

Факторы окружающей среды, физическая активность – активный образ жизни, ежедневно потребляемые продукты питания, а также экологические условия в значительной степени влияют на продолжительность жизни [5]. Научные исследования показывают, что регулярное употребление питьевых вод, богатых минеральными элементами, оказывает положительное влияние на функционирование сердечно-сосудистой системы, обмен веществ и иммунную систему. В частности, наличие таких микроэлементов, как кальций и магний, способствует регуляции артериального давления и снижению риска развития сердечно-сосудистых заболеваний [1, 3, 4].

Поскольку значительная часть человеческого организма состоит из воды, она играет важную роль в регуляции метаболических процессов, обмене веществ, поддержании стабильной температуры тела, выведении токсинов из организма и обеспечении клеточной активности. В этом контексте качество и состав воды имеют существенное значение для сохранения здоровья человека и обеспечения продолжительности жизни.

Современные научные исследования показывают, что минеральный состав и физико-химические свойства питьевой воды оказывают непосредственное влияние на здоровье человека. В частности, различные микроэлементы и биологически активные вещества, содержащиеся в минеральных водах, играют важную роль в регуляции ряда физиологических функций организма, профилактике и лечении некоторых заболеваний. По этой причине минеральные воды рассматриваются не только как пищевой и бытовой продукт, но и как лечебно-профилактическое средство.

Азербайджан относится к числу стран, отличающихся богатством природных запасов минеральных вод. На территории страны зареги-

стрировано более 200 групп минеральных вод и свыше 1 000 природных источников, что свидетельствует о значительном гидрогеологическом потенциале республики.

Влияние минеральных вод на здоровье человека на протяжении многих лет является одной из основных тем исследований в области медицины и гидрогеологии. В составе этих вод присутствуют различные минеральные элементы и соли, которые считаются необходимыми для нормального функционирования человеческого организма. Регулярное употребление минеральных вод способствует активизации внутриклеточных метаболических процессов, ускорению выведения токсинов из организма, поддержанию стабильного водно-солевого баланса, улучшению функционирования пищеварительной системы и оказывает ряд других физиологических эффектов. В этом контексте качество воды и её минеральный состав рассматриваются как один из факторов здорового образа жизни и долголетия человека [1, 2, 4].

Основной целью исследования является научный анализ влияния источников минеральных вод, существующих в Азербайджане, на здоровье человека и продолжительность жизни, а также научное изучение значения минеральных вод Азербайджана в данном направлении. Для достижения поставленной цели в ходе исследования были использованы различные научные методы.

Материалы и методы исследования. Материальной базой исследования послужили научные источники, гидрогеологические отчёты, а также результаты медицинских и бальнеологических исследований, касающиеся существующих в Азербайджане источников минеральных вод. В ходе исследования были проанализированы данные о минеральных источниках, расположенных в различных регионах страны, включая такие известные источники, как «Бадамлы», «Сираб», «Гала-алты» и «Истису», а также существующие статистические показатели и научные сведения о них.

К материалам исследования также относятся данные, полученные из различных научных источников, отчёты международных организаций о качестве воды и её влиянии на здоровье человека, а также гидрогеологическая информация, отражающая химический состав минеральных вод. В процессе исследования были использованы следующие научные методы.

Аналитический метод. Был проведён систематический анализ существующей научной литературы и результатов исследований по теме. С помощью данного метода изучалось влияние минеральных вод, су-

ществующих в Азербайджане, на здоровье человека, а также их бальнеологические свойства.

Метод сравнительного анализа. Ресурсы минеральных вод Азербайджана были сопоставлены с минеральными водами других стран, при этом были выявлены сходства и различия в их химическом составе, лечебных свойствах и направлениях использования.

Метод статистического анализа. Статистические данные, полученные из различных научных источников, были систематизированы и обобщены. Этот метод позволил оценить распространённость минеральных вод, их химический состав и показатели их использования.

Влияние минеральных вод Азербайджана на здоровье человека. Азербайджан относится к числу стран, отличающихся богатством запасов минеральных вод. На территории страны имеется сотни источников минеральной воды, большинство из которых сформировались в связи с геологическим строением Кавказской горной системы. Согласно исследованиям, на территории страны насчитывается около 900 минеральных и термальных источников, часть из которых используется для бальнеологического лечения [2, 4, 6].

Минеральные воды – это воды, выходящие из природных подземных источников и обладающие стабильным химическим составом. Основной особенностью этих вод является наличие в их составе различных минералов и биологически активных компонентов. Минеральные воды содержат кальций, магний, натрий, гидрокарбонаты и другие микроэлементы, которые способствуют регуляции различных физиологических процессов в организме.

Научные исследования показывают, что гидрокарбонаты, натрий, магний и другие биологически активные вещества, присутствующие в составе минеральных вод, при их регулярном и правильном употреблении способствуют улучшению обмена веществ, нормализации работы пищеварительной системы, детоксикации организма, стабилизации работы нервной системы, укреплению иммунной системы и профилактике различных заболеваний. Кроме того, минеральные воды помогают поддерживать водно-солевой баланс организма и обеспечивают нормальное протекание метаболических процессов на клеточном уровне [4, 6, 7].

Минеральные водные ресурсы Азербайджана и их характеристики. В Азербайджане имеется множество источников минеральных вод, имеющих лечебное и столовое значение. На территории республики находятся многочисленные источники минеральной воды с раз-

личным химическим составом и лечебными свойствами, которые на протяжении многих лет широко используются как для повседневного потребления населения, так и в санаторно-курортном лечении. Минеральные вещества и микроэлементы, содержащиеся в этих водах, положительно влияют на сохранение здоровья человека, профилактику некоторых заболеваний и, в целом, на улучшение качества жизни.

Особое значение имеют источники, расположенные в Нахичеванской Автономной Республике и регионе Малого Кавказа. В этих районах широко распространены гидрокарбонатные, сульфатные и карбонизированные минеральные воды, химический состав которых обеспечивает разнообразные лечебные свойства.

Нахичеванскую территорию иногда называют «естественным музеем минеральных вод» из-за разнообразия встречающихся здесь типов минеральных вод, многие из которых аналогичны мировым образцам. К числу наиболее известных источников минеральной воды Азербайджана относятся «Бадамлы», «Сираб», «Вайхыр», «Дарыдаг», «Истису», «Галаалты», «Туршсу» и другие. Многие из этих вод содержат углекислый газ и гидрокарбонаты и применяются при лечении различных заболеваний. В Азербайджане карбонизированные минеральные воды составляют более 35 % всех лечебных источников.

Воды с высоким содержанием минералов способны снижать уровень оксидативного стресса в организме. Это замедляет процессы старения на клеточном уровне, предотвращает повреждение ДНК и может снижать риск развития онкологических заболеваний.

Минеральные вещества, микроэлементы и биологически активные компоненты, содержащиеся в этих водах, поддерживают работу различных органов и систем, предотвращают развитие многих заболеваний и обеспечивают долговременное здоровье организма, играя важную роль в формировании адаптивно-компенсаторных механизмов [5].

Медицинское и бальнеологическое значение минеральных вод. Минеральные воды широко используются в медицине в качестве бальнеологических средств. Бальнеология – это наука, изучающая лечебные свойства минеральных вод. Научные исследования, проведённые в Азербайджане, показывают, что некоторые минеральные воды оказывают положительное влияние на обмен веществ в организме человека.

Результаты исследований показали, что употребление некоторых минеральных вод способствует регулированию биохимических процессов в пищеварительной системе и играет важную роль в восстановлении метаболического баланса. Кроме того, минеральные воды ши-

роко применяются в санаторно-курортном лечении, оказывая существенное значение для профилактики и реабилитации различных заболеваний.

Региональное сравнение: Азербайджан и другие страны. По богатству минеральных водных ресурсов Азербайджан может быть сопоставлен с рядом стран мира. Так, в Европе известные курорты минеральных вод в основном связаны с Альпийской и Карпатской горными системами.

Минеральные воды Азербайджана по своим геологическим и химическим характеристикам во многих случаях сходны с европейскими минеральными водами. Однако использование этих ресурсов в стране ещё не достигло полного потенциала. Исследования показывают, что правильное управление минеральными водами может способствовать развитию медицинского туризма, системы санаторно-курортного лечения, регионального экономического роста и улучшению показателей здоровья населения. В этом контексте научное изучение минеральных водных ресурсов и их рациональное использование имеют стратегическое значение.

Заключение. Наши исследования подтверждают, что вода является одним из основных природных ресурсов, играющих ключевую роль в поддержании здоровья человека и увеличении продолжительности жизни. Качество воды, её минеральный состав и регулярное потребление оказывают непосредственное влияние на физиологические процессы организма, включая метаболизм, детоксикацию, поддержание водно-солевого баланса и работу иммунной и нервной систем.

Проведённые исследования показывают, что вода является одним из основных природных ресурсов, играющих важнейшую роль в сохранении здоровья человека и увеличении продолжительности жизни. Минеральные воды, благодаря своему богатому химическому составу и биологически активным компонентам, имеют особое значение для обеспечения нормального функционирования организма человека.

Азербайджан, обладая богатыми запасами минеральных вод, также имеет значительный потенциал для их использования в оздоровительных и бальнеологических целях. Сохранение источников минеральной воды, их научное изучение и рациональное использование могут внести существенный вклад в развитие системы здравоохранения и туристической отрасли страны.

Таким образом, стратегическая ценность минеральных вод Азербайджана выходит за рамки медицинских и оздоровительных целей:

их сохранение, научное изучение и эффективное использование являются важными направлениями государственной политики в области здравоохранения, экологии и туризма. Будущие исследования должны быть направлены на углублённый анализ химического состава отдельных источников, их биологической активности, а также на разработку научно обоснованных рекомендаций по рациональному использованию минеральных вод в лечебных, профилактических и оздоровительных целях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Azadov, A. Hydrogeology of Mineral Waters in Azerbaijan. Baku, 2015.
2. Babayev, N., Rustamov Y., Gadjiev T. Thermal waters of Azerbaijan: hydrogeological characteristics. – Bioenergy and Bioresource, 2022.
3. European Society of Balneology. Mineral waters and health. 2019.
4. Fraga, C. G. Water intake and human health. – European Journal of Nutrition, 2018.
5. Gadimova, Z. M., Hasanli L. A. The study of longlivers living in the Nakhchivan autonomous republic and the role of nutrition factors in longevity mechanisms // 8th International Congress on Multidicsiplinary Studies in Medical Sciences, 27–28 August, Baku, Azerbaijan, 2025
6. Zeynalova, K. Z. Physical-chemical and treatment peculiarities of Azerbaijan mineral waters and their use in health tourism. – Journal of Geology, Geography and Geoecology, 2022.
7. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. Geneva, 2017.

УДК 631.674.5

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДОЖДЕВАНИЯ НА ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

И. А. Левшунов, ст. преподаватель
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: крупность капель, водопроницаемость, дождевание, инфильтрация, достоковая поливная норма.

Аннотация. Исследовано влияние параметров непрерывного дождевания (размер капель, интенсивность, высота падения) на скорость впитывания воды в дерново-подзолистые легкосуглинистые почвы Могилёвской области. С использованием оригинального портативного дождевателя подтверждена гиперболическая зависимость скорости

впитывания от времени. Полученные результаты позволяют обосновывать эрозионно допустимые поливные нормы и могут быть использованы при планировании противоэрозионных мероприятий.

Keywords: droplet size, water permeability, sprinkling, infiltration, irrigation rate.

Summary. The influence of continuous sprinkling parameters (droplet size, intensity, and drop height) on the rate of water absorption in sod-podzolic light loamy soils of the Mogilev region was studied. Using an original portable sprinkler, the hyperbolic dependence of the rate of absorption on time was confirmed. The obtained results allow for the justification of erosion-tolerant irrigation rates and can be used in the planning of anti-erosion measures.

Введение. Водопроницаемость почв определяет интенсивность поглощения осадков и оросительной воды, формирование продуктивных запасов влаги, а также является основой для расчёта поливных норм. Основное экологическое требование при орошении – исключение поверхностного стока, то есть полив в пределах безнапорной фазы инфильтрации.

Количественные закономерности инфильтрации были заложены А. Н. Костяковым, который предложил двухфазную модель (впитывание и фильтрация) и эмпирическую формулу, описывающую гиперболическое снижение интенсивности впитывания во времени:

$$K_t = \frac{k_0}{t^a}, \quad (1)$$

где K_t – коэффициент поглощения (впитывания) в некоторый момент;

k_0 – начальная величина коэффициента;

t – время от начала опыта;

a – показатель степени, зависящий от характера почвы и определяемый по кривой на основании опытов.

Для изучения водопроницаемости применяются методы затопления (оценка максимальной водопроницаемости) и методы дождевания (имитация естественных осадков). Последние позволяют учесть влияние структуры дождя – интенсивности и размера капель, что важно для определения реальной водопроницаемости в полевых условиях.

Влияние крупности капель существенно. Мелкие капли (менее 1 мм) равномерно увлажняют поверхность, сохраняют структуру почвы. Крупные капли (более 2 мм) обладают высокой кинетической энергией (табл. 1), вызывают деструкцию агрегатов, локальное переувлажнение и ускоряют формирование стока.

Таблица 1. **Количество и кинетическая энергия падающих капель в зависимости от их крупности**

Диаметр капель, мм	Количество капель падающих на 1 дм^2 за 1 с	Вес одной капли, г	Скорость падения, см/с	Кинетическая энергия капли, Дж
0,5	2560,0	0,0000654	200	$1{,}3 \cdot 10^{-7}$
1,0	318,0	0,000524	400	$4{,}2 \cdot 10^{-6}$
1,5	94,0	0,001768	560	$2{,}8 \cdot 10^{-5}$
2,0	40,0	0,00419	600	$7{,}5 \cdot 10^{-5}$
3,0	12,0	0,01413	700	$3{,}5 \cdot 10^{-4}$

Согласно исследованиям Н. С. Ерхова и О. В. Кантора, эрозионно-безопасные поливные нормы для нечерноземной зоны составляют 15–40 мм и зависят от почвенных условий, уклона и параметров дождя. Многофакторность процесса требует проведения натурных экспериментов.

Основная часть. Экспериментальные работы проводились на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах Горецкого района Могилёвской области. Для изучения водопроницаемости методом искусственного дождевания был разработан портативный дождеватель, соответствующий следующим требованиям: широкий диапазон интенсивности (0,2–4,7 мм/мин); возможность длительного дождевания; компактность, масса 6,6 кг, обслуживание двумя операторами.

Дождеватель имеет площадь дождевания 0,5 м², высота установки 1,5 м. Для повышения равномерности использовалась нейлоновая сетка с ячейкой 1,2×1,2 мм. Интенсивность регулировалась уровнем воды в приборе. Участок для опытов имел пахотный слой: суглинок легкий пылеватый, комковатый, уплотненный.

В ходе экспериментов фиксировались время до начала поверхностного стока и объём стока. Рассчитывались: эрозионно-допустимая поливная норма (слой воды до появления стока); скорость инфильтрации (отношение слоя впитавшейся воды к продолжительности).

Сравнение экспериментальных данных с теоретической зависимостью (формула (2)) показало удовлетворительную сходимость.

$$\tau = \frac{A}{i_{\text{ср}} \cdot \gamma_p}, \qquad (2)$$

где A и γ_p – параметры, характеризующие водопроницаемость почв при непрерывном дождевании;

$i_{\text{ср}}$ – средняя интенсивность дождя, мм/мин.

Результаты опытов обобщены в табл. 2.

Таблица 2. **Показатели непрерывного дождевания интенсивностью *i* = 1 мм/мин**

Показатели		Уклон 0,003		Уклон 0,006		По формуле (2)
		С рыхлением	Без рыхления	С рыхлением	Без рыхления	
Средние значения продолжительности (τ, мин) до образования поверхностного стока		19	13	12	8	12
Скорость впитывания (мм/мин) к концу, мин	20	0,62	0,38	0,36	0,32	–
	60	0,25	0,23	0,23	0,22	–

Установлено, что достоковая поливная норма (свободное впитывание) снижается с увеличением уклона: с 19 мм до 12 мм на площадках с рыхлением и с 13 мм до 8 мм – на площадках без рыхления. Скорость впитывания к 20-й минуте уменьшается в 1,5–2 раза по сравнению с начальной, а к 60-й минуте стабилизируется на уровне 0,22–0,25 мм/мин.

Заключение.

1. Искусственное выравнивание поверхности перед поливом повышает равномерность распределения воды, но снижает общую инфильтрационную ёмкость за счёт уменьшения объема микрозападин.

2. Экспериментальные значения времени до образования стока удовлетворительно согласуются с расчетными по формуле (2), что подтверждает применимость используемых зависимостей для дерново-подзолистых почв региона.

3. Для адекватного моделирования процессов дождевания необходимо учитывать дисперсность капель, микрорельеф и уклон участка, что позволит корректно определять эрозионно-допустимые поливные нормы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации: учебник / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов; под ред. А. П. Лихацевича. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.

2. Сурмач, Г. П. К методике определения водопроницаемости и ливневого стока / Г. П. Сурмач // Борьба с эрозией и повышение плодородия эродированных почв Украины: материалы республиканского совещания. – Киев, 1962. – С. 265–279.

3. Кантор, О. В. Влияние уклона поверхности на эрозионно-допустимые поливные нормы при дождевании / О. В. Кантор, Н. С. Ерхов // Гидротехника и мелиорация. – 1979. – № 11. – С. 46–49.

4. Методические указания управлениям гидрометслужбы № 84: производство комплексных воднобалансовых наблюдений на пунктах опорной сети / Гос. гидрологич. институт. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 160 с.

5. Левшунов, И. А. Возделывание суданской травы в условиях орошения / И. А. Левшунов // Актуальные научно-технические и экологические проблемы мелиорации земель: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 61–65.

6. Механизация полива: справочник / Б. Г. Штепа [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.

УДК 631.674.6:635.042(476)

РАЗВИТИЕ ОВОЩЕВОДСТВА ОТКРЫТОГО ГРУНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛИВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. М. Лукашевич, канд. с.-х. наук, доцент
А. А. Константинов, ст. преподаватель
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: оросительные мелиорации, капельное орошение, овощные культуры, урожайность, экономическая эффективность.

Аннотация. Развитие овощеводства определятся факторами интенсивного ведения отрасли, укрепления материально-технической базы, концентрации и специализации производства, введение и освоение овощных севооборотов, внедрение прогрессивных технологий возделывания и размещение всех площадей овощей на орошаемых землях.

Одним из основных путей повышения экономической эффективности овощеводства в республике является дальнейшее усовершенствование и развитие оросительных мелиораций, в частности капельного орошения открытого грунта.

Keywords: irrigation melioration, drip irrigation, vegetable crops, productivity, economic efficiency.

Summary. Development of vegetable production is determined by factors of intensive management of the industry, strengthening the material and technical base, concentration and specialization of production, introduction and development of vegetable crop rotations, introduction of advanced cul-

tivation technologies and placement of all areas of vegetables in the open field on irrigated land.

One of the main ways to improve the economic efficiency of vegetable production in the country is the further improvement and development of irrigation reclamation, in particular drip irrigation of open ground.

Введение. Важнейшими критериями эффективного производства в самых развитых странах мира сегодня считаются удельные затраты ресурсов и показатели экологической безопасности [1].

Одним из перспективных направлений повышения продуктивности в растениеводстве является разработка и реализация технологий искусственного орошения посевов для создания зон гарантированного производства овощных и других сельскохозяйственных культур, так как только использование адаптированных к природным условиям технологий позволит увеличить количество сельскохозяйственной продукции, получаемой с единицы площади, снизить ее себестоимость и повысить качество.

Основная часть. Повышения урожайности овощной продукции в Республике Беларусь можно достичь, применяя новые технологии орошения овощных культур, выращиваемых в условиях открытого грунта.

Практика выращивания овощных культур открыла недостатки традиционных способов орошения, которые включают неравномерность распределения влаги, неэкономный расход воды и невозможность внесения с поливной водой удобрений [2].

Как известно из литературных источников [3, 4], урожайность овощных культур на орошаемых землях в 2–3 раза выше, чем на неорошаемых. Это касается и территории нашей республики, относящейся к зоне с неустойчивым режимом естественного увлажнения и тепловой обеспеченности.

При орошении сельскохозяйственных культур, в первую очередь, необходимо ориентировать производство на экономию водных ресурсов.

Практика показала преимущества систем капельного полива при выращивании овощей в защищенном грунте, таких как, точное дозирование количества воды, равномерность распределения воды, отсутствие значительного испарения (около 1 %), сухое состояние надземной части растений, отсутствие поверхностного стока. Это доказывает, что система капельного полива является энергоресурсосберегающей и рентабельной из всех систем орошения.

Применение данной системы имеет хорошие перспективы использования в сельском хозяйстве Республики Беларусь не только в защищенном, но и в открытом грунте, однако до сих пор такой полив в наших хозяйствах практически не использовался из-за больших капитальных вложений на оборудование и затрат труда, необходимых для устройства системы.

Для обеспечения благоприятных условий выхода овощеводческой продукции на внешний рынок, с рентабельностью 50 %, необходимо получение стабильных урожаев овощных культур не менее: капусты – 400 ц/га, моркови – 450 ц/га, столовой свеклы – 350 ц/га, лука репчатого в однолетней культуре – 200 ц/га, что невозможно без использования оросительных систем.

Проведенные лабораторно-полевые исследования в 2021 г. на опытном оросительном комплексе УОК «Тушково-1» расположенном на опытных полях УО БГСХА по капельному орошению овощных культур (лук, редис, салат) в открытом грунте на дерново-подзолистых почвах в северо-восточной части Республики Беларусь показали эффективность применения данного способа для увеличения урожайности овощей. Урожайность на участках с капельным орошением при поливной норме 80 % от НВ составила: лук – 44,67 т/га, редис – 36,56 т/га, салат – 7,96 т/га.

Заключение. Капельное орошение в Беларуси имеет хорошие перспективы, и будет способствовать реализации поставленных задач в растениеводстве в 2021–2025 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юданова, А. В. Ресурсосберегающие технологии и технические средства орошения / А.В. Юданова // Инженерно-техническое обеспечение АПК: реферативный журнал. – 2009. – № 3. – 739 с.

2. Аутко, А. А. Овощеводство защищенного грунта / А. А. Аутко, Г. И. Гануш, Н. Н. Долбик. – Мн.: Изд-во «ВЭВЭР», 2006. – 320 с.

3. Лихацевич А. П. Дождевание сельскохозяйственных культур / А. П. Лихацевич. – Мн.: Бел. наука, 2005. – С. 19–33.

4. Современные технологии производства овощей в Беларуси / А. А. Аутко [и др.]. – Молодечно: Победа, 2005. – С. 57–65.

УДК 631.347.3

КАЧЕСТВЕННЫЙ ПОЛИВ СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ

В. М. Лукашевич, канд. с.-х. наук, доцент
В. Г. Куцепалова, магистрант
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: допустимая интенсивность, допустимые поливные нормы, прерывистое дождевание.

Аннотация. В результате проведенных опытов, были найдены значения допустимой интенсивности прерывистого дождевания дерново-подзолистых суглинистых почв с частотой вращения аппарата 0,7 об/мин, которые можно использовать для выбора подходящей дождевальной техники при вышеперечисленных условиях. Также были определены значения допустимых поливных норм и время дождевания для дальнеструйной машины УД-2500, при которых не образуется поверхностный сток.

Keywords: allowable intensity, permissible irrigation rates, intermittent sprinkling.

Summary. As a result of the conducted experiments, the values of the permissible intensity of intermittent sprinkling of sod-podzolic loamy soils with a device rotation frequency of 0.7 rpm were found, which can be used for selecting appropriate irrigation equipment under the above-mentioned conditions. The values of permissible irrigation rates and sprinkling time for the long-range machine UD-2500 were also determined, at which no surface runoff occurs.

Актуальность исследования. Выявление причин, приводящих к нарушению экологической устойчивости орошаемых агроландшафтов, и разработка мероприятий по снижению их воздействия, является наиболее актуальной задачей в современных экологических условиях. При поливе дождеванием ирригационная эрозия почв возникает вследствие подачи воды с интенсивностью, превышающей ее впитывающую способность. На почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава скорость инфильтрации поливной воды, в основном, меньше, значения характеристик интенсивности искусственного дождя современных дождевальных машин и установок.

Основными элементами противоэрозионной техники полива дождеванием являются максимальная установившаяся скорость безнапорного впитывания (допустимая интенсивность), которая зависит влажности и гранулометрического состава почвы, растительного покрова, состояния поверхности почвы и ее уклона, а также структуры искусственного дождя и физико-механических характеристик поливной жидкости и т. д. [1, 2].

Это и потребовало проведения исследований по определению допустимых параметров искусственного дождя в зависимости от впитывающей способности почвы, которая оценивалась по продолжительности полива до стока. Одновременно с этим потребовалось определение допустимых поливных норм и времени полива при прерывистом дождевании на суглинистых почвах мобильной машиной УД-2500 до образования поверхностного стока.

Основная часть. Опыты проводили на опытном орошаемом поле УО БГСХА «Тушково-1» Горецкого района Могилевской области в 2025–2026 гг. Почвы дерново-подзолистые суглинистые. Водно-физические свойства почвы в слое 0…100 см в среднем характеризуются следующими показателями: плотность – 1,62 г/см^3, плотность твердой фазы – 2,65 г/см^3, наименьшая влагоемкость – 22,3 % к массе сухой почвы. Растительный покров представлен травостоем высотой от 5 до 20 см. Методика проведения опытов общепринятая [3, 4, 5]. Поливы осуществляли дальнеструйной дождевальной машиной УД-2500. Характеристики давления на оросительной сети снимали с манометра. Уклон не более 0,005. Дождевание проводили для трех уровней предполивной влажности (60–70 % НВ; 70–80 % НВ; 80–90 % НВ) для следующих условий:

I. почва рыхлая после предпосевной обработки;

II. почва плотная, пар;

III. растительный покров высотой 5–10 см, в начале вегетации;

IV. растительный покров высотой 5–10 см, в конце вегетации;

V. растительный покров высотой 10–20 см, в начале вегетации;

VI. растительный покров высотой 10–20 см, в конце вегетации.

Перед началом опыта на поверхности почвы устанавливались учетные врезные рамы. Учет поливной нормы проводили с помощью дождемеров. За начало стока принимали момент времени, когда на поверхности учетной площадки образовывались устойчивые лужи диаметром 2–3 см. Продолжительность каждого опыта 150 мин. Поливная норма 30 мм. Перед началом полива определяли влажность почвы че-

рез 10 см, на глубину верхнего пахотного слоя 0–20 см. Частота вращения вокруг оси дальнеструйного аппарата машины Bauer равняется 0,7 об/мин.

Из литературных источников установлено, что на допустимую интенсивность дождевания существенное влияние оказывает надземная часть растений. Положительное влияние покрытия растений связано с уменьшением силы удара капель дождя за счет частичного гашения надземной частью растений скорости и диаметра капель дождя, что предохраняет структуру верхнего контактного слоя почвы от разрушения. Так же известно, что при поддержании расчетного поливного порога влажности почвы (60, 70 или 80 % НВ) в каждом отдельном случае впитывающая способность (при всех прочих условиях для определенного типа почв) будет различной. Именно поэтому будет наблюдаться варьирование допустимой поливной нормы в зависимости от поддержания конкретного уровня предполивного порога влажности, то есть чем меньше его величина, тем больше значение может принимать допустимая поливная норма. Это и определило основные условия проведения опытов по определению допустимой интенсивности дождевания.

Результаты полевых исследований по допустимой интенсивности прерывистого дождевания дерново-подзолистых суглинистых почв были систематизированы и представлены в табл. 1.

Таблица 1. **Результаты опытов по исследованию допустимой интенсивности прерывистого дождевания на дерново-подзолистых суглинистых почвах**

Вариант опыта	Допустимая интенсивность, мм/мин	Продолжительность дождевания до стока, мин	$i_{уст}$, мм/мин
I	0,25…0,11	50…150	0,13…0,11
II	0,18…0,08	43…150	0,1…0,08
III	0,29…0,20	75…150	0,22…0,2
IV	0,27…0,16	60…150	0,18…0,16
V	0,42…0,24	90…150	0,23…0,2
VI	0,33…0,20	85…150	0,27…0,24

Примечания. Частота вращения дождевального аппарата 0,7 об/мин; продолжительностью полива 150 мин; поливная норма 30 мм; напор 4–5 атм.

Анализ полученных результатов свидетельствует, что для уплотненной поверхности почвы допустимая интенсивность дождевания в несколько раз меньше, чем для рыхлой почвы. Большое влияние на интенсивность оказывает влажность почвы верхнего слоя почвы, а

также высота растительного покрова и период вегетации растений. Так максимальная допустимая интенсивность прерывистого дождевания равняется 0,42 мм/мин при высоте растительного покрова 10–20 см в период начала вегетации, когда почва менее уплотнена. Минимальное значение наблюдали на уплотненной почве при влажности почвы 0,80–0,90 % НВ и оно составило 0,08 мм/мин. Продолжительность дождевания до образования стока от 43 мин до 150 мин.

При дождевании одним из самых главных агротехнических требований является соблюдение условия, чтобы средняя интенсивность оросительной машины была меньше или равна допустимой интенсивности прерывистого дождевания.

Для мобильной дождевальной машины УД-2500, оборудованной дальнеструйным аппаратом, средняя интенсивность составила 0,2 мм/мин. Установлено, что за один оборот аппарата выдается поливная норма 0,3 мм. С учетом этого на основании проведенных опытов были определены эрозионно-безопасные значения поливных норм и время дождевания обеспечивающих полив без образования луж и поверхностного стока (табл. 2).

Таблица 2. **Расчетные допустимые эрозионно-безопасные поливные нормы и интервалы времени при прерывистом дождевании машиной УД-2500**

Вариант опыта	Влажность почвы, % от НВ	Время полива до образования стока, мин	Поливная норма до образования стока, мм
I	60–70	79	15.8
	70–80	70	14.0
	80–90	64	12.8
II	60–70	полив рекомендуется при условии проведения агромелиоративных мероприятий, повышающих впитывающую способность почвы	
	70–80		
	80–90		
III	60–70	сток не наблюдали	
	70–80		
	80–90	144	28,8
IV	60–70	117	23,4
	70–80	105	21,0
	80–90	96	19,2
V	60–70	сток не наблюдали	
	70–80		
	80–90		
VI	60–70	сток не наблюдали	
	70–80		
	80–90	150	30,0

Значения допустимой поливной нормы и время дождевания заметно отличаются по вариантам опыта. Так, допустимая поливная норма при дождевании дальнеструйной машиной УД-2500 будет составлять: для рыхлой почвы 12,8–15,8 мм; плотной почвы – полив не рекомендуется; растительного покрова высотой 5–10 см в начале периода вегетации от 28,8 мм и выше; растительного покрова высотой 5–10 см в конце периода вегетации 19,2–23,4 мм; растительного покрова высотой 10–20 см в начале и конце периода вегетации от 30,0 мм и выше. Время полива до образования стока составило от 64 мин до 150 мин.

Заключение. В результате проведенных опытов, были найдены значения допустимой интенсивности прерывистого дождевания дерново-подзолистых суглинистых почв с частотой вращения аппарата 0,7 об/мин, которые можно использовать для выбора подходящей дождевальной техники при вышеперечисленных условиях.

Так же были определенны значения допустимых поливных норм и время дождевания для дальнеструйной машины УД-2500, при которых не образуется поверхностный сток. Эрозионно-безопасная поливная норма составила: для рыхлой почвы 12,8–15,8 мм; плотной почвы – полив не рекомендуется; растительного покрова высотой 5–10 см в начале периода вегетации от 28,8 мм и выше; растительного покрова высотой 5–10 см в конце периода вегетации 19,2–23,4 мм; растительного покрова высотой 10–20 см в начале и конце периода вегетации от 30,0 мм и выше. Время полива до образования стока составило от 64 мин до 150 мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукашевич, В. М. Потери воды при дождевании / В. М. Лукашевич // Эффективное использование мелиорированных земель: проблемы и решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ ВНИИМЗ, г. Тверь, 28 сент. 2018 г. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2018. – С. 293–297.

2. Лихацевич, А. П. Дождевание сельскохозяйственных культур: Основы режима при неустойчивой естественной влагообеспеченности / А. П. Лихацевич. – Мн.: Бел. наука, 2005. – 278 с.

3. Григоров, М. С. Противоэрозионная технология полива люцерны на сено дождевальной машиной «Фрегат» / М. С. Григоров, С. М. Григоров // Известия. – Волгоград: Волгоградский ГАУ. – 2010. – № 1 (17). – С. 28–34.

4. Изучение водно-физических свойств почв для мелиоративного строительства: пособие к ВСН 33-2.1.02-85: утв. приказом В/О «Союзводпроект» № 30 от 17.02.86. – М., 1986. – 159 с.

5. Лукашевич, В. М. Полив передвижной дождевальной машиной типа УД-2500 / В. М. Лукашевич, А. А. Горелик // Органическое сельское хозяйство – дело молодых : материалы Междунар. конф. молодых ученых, посвящ. 90-летию со дня рождения д-ра с.-х. наук Довбана Корнея Ивановича / А. С. Чечёткин (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2018. – С. 14–17.

6. Лукашевич, В. М. Скорость впитывания воды дерново-подзолистой суглинистой почвой / В. М. Лукашевич // Вестник БГСХА. – 2013. – № 4. – С. 104–108.

УДК 614.72

ВЛИЯНИЕ ТРАНСГРАНИЧНОГО ПЕРЕНОСА И АККУМУЛЯТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПРИРОДНЫЕ И АГРАРНЫЕ ЛАНДШАФТЫ

О. Е. Стенина, аспирант
Ю. А. Мажайский, д-р с.-х. наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации
ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», Мещерский филиал,
г. Рязань, Российская Федерация

Ключевые слова: тяжелые металлы, кадмий, свинец, трансграничный перенос, биоаккумуляция, осаждение, серая лесная почва, валовая форма, подвижная форма.

Аннотация. Тяжелые металлы являются высокотоксичными соединениями, оказывающими серьезное воздействие на здоровье человека и экосистемы. Свинец биоаккумулируется в окружающей среде, создавая угрозу как для наземных, так и для водных экосистем. Кадмий содержится в атмосфере преимущественно в следовых концентрациях, в виде мелких аэрозольных частиц, и его поведение в атмосфере в значительной степени определяется свойствами этих частиц.

Key words: heavy metals, cadmium, lead, transboundary transfer, bioaccumulation, deposition, gray forest soil, gross form, mobile form.

Summary. Heavy metals are highly toxic compounds that have a serious impact on human health and ecosystems. Lead bioaccumulates in the environment, posing a threat to both terrestrial and aquatic ecosystems. Cadmium is present in the atmosphere primarily in trace concentrations, in the form of fine aerosol particles, and its behavior in the atmosphere is largely determined by the properties of these particles.

Тяжелые металлы являются высокотоксичными соединениями, оказывающими серьезное воздействие на здоровье человека и экосистемы. Борьба с загрязнением окружающей среды этими загрязнителями является ключевым направлением деятельности различных международных организаций, включая Конвенцию ЕЭК ООН о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (КТЗВБР или

Конвенция по воздуху). В протоколах к Конвенции по тяжелым металлам определены несколько приоритетных опасных веществ, включая свинец (Pb) и кадмий (Cd).

Трансграничный перенос загрязняющих веществ изучается в рамках ЕМЕП (EMEP) – международная совместная программа мониторинга и оценки дальних переносов атмосферных загрязняющих веществ в Европе. Программа включает в себя ряд показателей, связанных с загрязнением воздуха, в том числе, содержание тяжёлых металлов, влияние на здоровье и изменение климата.

С тех пор как ЕМЕП приступила к сбору данных о выбросах, полнота и согласованность представляемых данных значительно повысились. Тенденции выбросов приоритетных тяжелых металлов и СОЗ существенно различаются между Западным и Восточным регионами ЕМЕП [1]. На Западе отчетность, как правило, является полной, и в большинстве стран наблюдается постоянное снижение.

Значительная часть выбросов тяжелых металлов приходится на сжигание ископаемого топлива и переработку сырья. На промышленное производство приходится около 35 % выбросов Cd, за которыми следуют 29 % выбросов на электростанциях и теплоэлектростанциях общего пользования. Около 45 % выбросов свинца приходится на промышленное производство, а доля автомобильного транспорта (этилированный бензин) составляет 26 %.

В соответствии с существующей классификацией токсичности тяжелые металлы делят на 3 класса [2]; из рассматриваемых в данной статье тяжелых металлов – кадмий и свинец – относятся к I классу.

Методика исследований. В 2023 г. в ЕМЕП было зарегистрировано более 30 различных микроэлементов.

Наиболее распространенными элементами являются Pb, Cd, As, Ni, Zn, Cu и Cr, которые измеряются более чем в 50 точках, а V, Mn, Co, Hg и Fe – в 20 или более точках. Среднегодовые значения концентраций Cd и Pb в аэрозолях в 2023 г. представлены на рис. 1. Самые высокие концентрации этих элементов в аэрозолях, как правило, наблюдаются в районе пролива Ла-Манш, на Кипре и в Восточной Европе. Что касается осадков, то самые высокие уровни наблюдаются в Восточной Европе, но повышенные уровни наблюдаются и в других местах, например, в Испании, в зависимости от компонента.

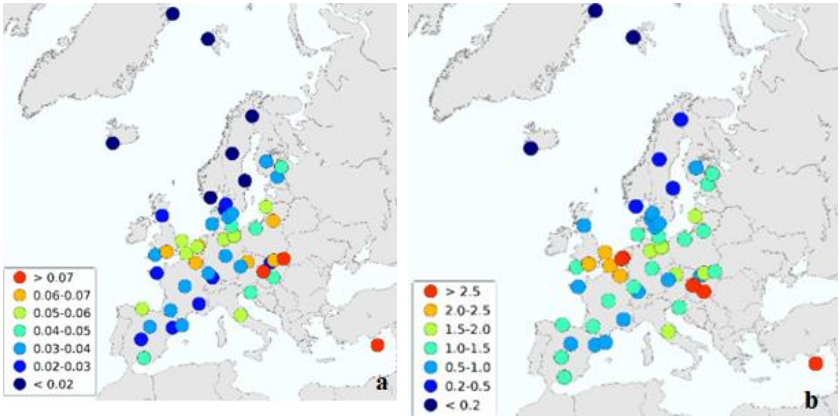


Рис. 1. Среднегодовые концентрации Cd (a) и Pb (b) в аэрозолях (нг/м^3) в 2023 г.

Свинец. Свинец биоаккумулируется в окружающей среде, создавая угрозу как для наземных, так и для водных экосистем. Из-за низкого давления паров свинца в атмосфере он в основном связывается с твердыми частицами. Таким образом, свойства этих частиц определяют его транспортировку и осаждение. Поскольку свинец в основном ассоциируется с мелкодисперсными частицами (PM2,5), он может переноситься в атмосфере на большие расстояния, удаляясь от источников выбросов на сотни и тысячи километров.

Сезонные колебания указывают на более высокие концентрации свинца в холодное время года и весной, что в значительной степени обусловлено увеличением антропогенных выбросов зимой и усиленным переносом взвеси ветром с бесплодных и пахотных земель весной.

Относительный вклад различных категорий источников загрязнения существенно различается в разных странах. Потоки осадков наиболее высоки в странах Центральной Европы и на Балканах, в то время как самые низкие значения наблюдаются в Скандинавии и северных частях моделируемой области, включая Финляндию, Швецию, Норвегию, Исландию и Россию. Страны, расположенные вблизи границ моделируемой области, демонстрируют заметный вклад из источников, не относящихся к ЕМЕП.

Кадмий. Кадмий (Cd) подобно свинцу, кадмий содержится в атмосфере преимущественно в следовых концентрациях, в виде мелких

аэрозольных частиц, и его поведение в атмосфере в значительной степени определяется свойствами этих частиц. Поскольку время пребывания Cd в атмосфере составляет от нескольких дней до недель, он может переноситься на большие расстояния из источников выбросов или повторных выбросов, прежде чем осесть на наземных или водных поверхностях.

В 2023 г. концентрация Cd в воздухе колебалась от 0,01 до 0,5 нг/м^3. Самая высокая концентрация Cd в воздухе наблюдалась в пустынях Центральной Азии, где наблюдается значительное повторное взвешивание пыли. Самая низкая концентрация в воздухе была оценена в северной части смоделированной области, которая находится вдали от всех видов источников выбросов. Сезонные колебания Cd имеют закономерный характер и достигают максимума в холодное время года из-за повышенных антропогенных выбросов.

Общее годовое осаждение Cd в Европе колеблется от 2 до 70 г/км^2 у^1, при этом более высокие потоки оцениваются в Азии. В Европе самые высокие значения осаждения отмечены в Центральной Европе, включая Польше, Германии и балканских государствах, в то время как самые низкие значения наблюдаются в северной части смоделированной области (скандинавские страны), что соответствует моделям влажного осаждения.

Изучение агроландшафта на примере экополигона «Учхоз Стенькино» Рязанской области. Определение содержания в почве валовых форм рассматриваемых тяжелых металлов (кадмий, свинец) было проведено в серой лесной почве. В качестве экополигона принята территория стационарного учебного хозяйства «Стенькино», расположенного в Рязанском районе Рязанской области.

Серая лесная почва экополигона «Учхоз Стенькино», а также почвы вокруг города Рязани находятся в зоне газовых выбросов промышленных предприятий и относятся к слабо загрязненным. Изучение содержания валовых форм тяжелых металлов (кадмия и свинца) проводилось на территории экополигона стационарного учхоза «Стенькино», который находится в зоне воздействия предприятия промышленных предприятий.

Сопоставление предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в почвах и допустимые уровни их содержания по показателям вредности с фоновым содержанием элементов в почвах позволяет определить уровень загрязнения почвы тяжелыми металлами по сравнению с естественным фоном. Как правило, при необходимости

контроля за техногенным загрязнением почв ТМ, принято определять валовое содержание металла.

Однако валовое содержание не всегда может характеризовать степень опасности загрязнения почвы, поскольку почва способна связывать соединения металлов, переводя их в недоступные растениям состояния. Правильнее говорить о роли «подвижных» и «доступных» для растений форм. Определение содержания подвижных форм металлов желательно проводить в случае высоких их валовых количеств в почве, а также, когда необходимо характеризовать миграцию металлов-загрязнителей из почвы в растения.

Подвижные формы металлов извлекаются различными экстрагентами в зависимости от типа исследуемых почв и свойств металла. В качестве экстрагентов используют кислоты, различные соли, буферные растворы, бидистиллированную воду.

В полученных образцах выполнено определение подвижных форм тяжелых металлов, согласно «Методическим указаниям по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства» [3] ацетатно-аммонийным методом в ацетатно-аммонийной вытяжке при pH 4,8. Экстракцию проводят из отдельных навесок почв в двухкратной повторности.

В отобранных образцах (2025 г.) определены валовые формы тяжелых металлов – кадмия и свинца. Согласно результатам проведенных исследований наблюдается превышение содержания в пробах по кадмию на глубине отбора (см): 0–10, 10–20, 40–60, 60–80, 80–100. Превышения концентрации по свинцу в отобранных пробах не наблюдается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Transboundary pollution by heavy/metals and POPs. Transboundary pollution by heavy metals and POPs. Status Report 2/2025.

2. Зонн, С. В. Географо-генетические аспекты почвообразования, эволюции и охраны почв / С. В. Зонн, А. П. Травлеев. – Киев, 1989. – 215 с.

3. Добровольский, В. В. Некоторые аспекты загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами / В. В. Добровольский // Биологическая роль микроэлементов. – М.: Наука, 1983. – С. 44–54.

УДК 631.861

БУДУЩЕЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЯХ: ВЛИЯНИЕ ДОЗ И ФОРМ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

С. М. Буряк, канд. с.-х. наук
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»,
п. Радужный, г. о. Коломенский, Московская обл.,
Российская Федерация
Ю. А. Мажайский, д-р с.-х. наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации
ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», Мещерский филиал,
г. Рязань, Российская Федерация
О. В. Черникова, канд. биол. наук
Академия права и управления
Федеральной службы исполнения наказаний,
г. Рязань, Российская Федерация

Ключевые слова: органические удобрения, многолетние травы, гранулированная форма, индюшиный помёт, урожайность, химический состав.

Аннотация. Представлены результаты трёхлетних исследований (2020–2022 гг.) по оценке влияния органических удобрений на продуктивность и химический состав многолетних трав на дерново-подзолистых почвах Нечернозёмной зоны России. Изучены дозы 15 и 30 т/га индюшиного помёта и гранулированного удобрения на его основе. Установлено, что оптимальные показатели урожайности и кормовой ценности достигаются при внесении 15 т/га. Повышение дозы до 30 т/га сопровождается ростом содержания нитратов.

Keywords: organic fertilizers, perennial grasses, granulated fertilizer, turkey manure, yield, chemical composition.

Summary. The paper presents the results of a three-year study (2020–2022) assessing the effect of organic fertilizers on perennial grasses grown on sod-podzolic soils in the Non-Chernozem zone of Russia. Application rates of 15 and 30 t/ha of turkey manure and granulated fertilizer were tested. The optimal balance of yield and forage quality was achieved at 15 t/ha. Increasing the rate to 30 t/ha resulted in elevated nitrate accumulation.

Введение. В последние годы российский рынок органических удобрений демонстрирует устойчивый рост, чему способствуют как увеличение внутреннего производства, так и повышение интереса сельхозпроизводителей к экологически безопасным технологиям [1, 2].

Российская Федерация входит в число мировых лидеров по производству удобрений, однако их применение на пашне страны остаётся относительно низким. В 2025 г. выпуск минеральных удобрений вырос на 3,5 % до 65,4 млн т, включая азотные (28,9 млн т), фосфорные и сложные (18,5 млн т), калийные (18 млн т) и азотно-фосфорные (7 млн т) удобрения. По объёмам производства минеральных удобрений Россия превысила показатели США, Индии и Канады, сохраняя второе место в мире после Китая, при этом прогнозируется дальнейшее увеличение как производства, так и экспорта к 2026 г. [3].

Рынок органических удобрений в России демонстрирует устойчивую тенденцию роста: в 2024 г. объём производства превысил 1,1 млн тонн, что почти вдвое превышает показатели предыдущего года, а в январе 2025 г. составил около 58,6 тыс. т, сохраняя высокий темп роста [4]. Увеличение производства обусловлено повышением интереса сельскохозяйственных производителей к экологически безопасным технологиям, ростом цен на минеральные удобрения и реализацией государственной поддержки органического земледелия [5].

В соответствии с указом Президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» поставлены стратегические задачи по развитию агропромышленного комплекса.

В частности, к 2030 г. предполагается увеличение объёма производства продукции АПК как минимум на 25 % по сравнению с уровнем 2021 г., а экспорт продукции АПК – не менее чем в 1,5 раза относительно 2021 г.

По состоянию на апрель 2025 г. данные цели закреплены в государственной программе развития сельского хозяйства, к 2030 г. индекс производства продукции сельского хозяйства должен достичь 122,6 % от уровня 2021 г.

Для реализации этих показателей планируется увеличить производство зерновых и зернобобовых культур до 170 млн т, масличных – до 36,4 млн т, а молока – до 38,5 млн т, что обеспечит стратегическое укрепление продовольственной безопасности и повышение экспортного потенциала страны.

Ключевое значение для обеспечения устойчивости и продуктивности агроценозов придается селекционным характеристикам сортов, оптимизации агротехнологий и внедрению современных систем защиты растений. Согласно оценкам специалистов, около 40 % урожая зависит от применения различных видов удобрений – минеральных, органических, известковых, органоминеральных, сидератов и биологических препаратов, что подчёркивает потенциал их рационального использования для увеличения валового производства растениеводческой продукции [6].

Современные научные исследования сосредоточены на разработке и внедрении комплексных систем удобрений, направленных на формирование стабильных и высокопродуктивных агроэкосистем при обеспечении экологической безопасности и эффективности сельскохозяйственного производства [7].

Материалы и методы исследования. Полевой опыт проводился с использованием пяти вариантов с четырехкратной повторностью: 1. Контроль – без удобрений; 2. Г15 – гранулированное удобрение на основе индюшиного помета, 15 т/га; 3. П15 – индюшиный помет, 15 т/га; 4. П30 – индюшиный помет, 30 т/га; 5. Г30 – гранулированное удобрение, 30 т/га.

Опыт проводился на участках в южной части Нечернозёмной зоны России с многолетними травами: (Festuca pratensis L., Bromus inermis L., Phleum pratense L., Lotus corniculatus L., Trifolium pratense L.)

Урожайность сухой массы измерялась ежегодно в 2020–2022 гг. статистическая обработка включала расчет средних значений и НСР05 для определения достоверности различий (таб. 1). Химический состав многолетних трав определялся методом лабораторного анализа, проведенного в ФГБУ «Станция агрохимической службы «Рязанская»: сырой протеин, клетчатка, зола, жир, каротин и содержание нитратов (табл. 2).

Результаты исследования и их обсуждение. В период проведения исследований агроклиматические условия характеризовались вариабельностью температурного режима, уровня влагообеспеченности почвы и распределения осадков в течение вегетационного периода, что позволило обеспечить объективную оценку влияния изучаемых агротехнических приёмов на продуктивность многолетних трав. Урожайность сельскохозяйственных культур является одним из ключевых критериев эффективности применения удобрений. Определение урожайности сухой массы многолетних трав осуществляли методом проб-

ного снопа массой 1 кг, отобранного в период скашивания растений в фазе начала цветения.

Таблица 1. **Урожайность многолетних травах на сухую массу**

№	Вариант опыта	Урожайность, т/га			
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	Ср.
1	Контроль	5,1	6,4	5,4	5,6
2	$Г_{15}$	8,3	15,9	7,1	10,4
3	$П_{15}$	5,6	10,1	5,6	7,1
4	$П_{30}$	6,1	11,3	5,5	7,6
5	$Г_{30}$	5,7	11,4	6,8	8,0
$НСР_{05\ т/га}$		2,56	1,4	1,05	1,66

Вариант Г15 показал максимальный средний прирост урожайности – почти вдвое выше контроля. Вариант Г30 также повышает продуктивность, но эффект менее выражен. Варианты П15 и П30 дали умеренный положительный эффект. Наибольший эффект на урожайность сухой массы многолетних трав оказывает гранулированное удобрение на основе индюшиного помёта (Г15), обеспечивая средний прирост 80–85 % относительно контроля. Доза 30 т/га индюшиного помёта (П30, Г30) повышает урожайность, но прирост не пропорционален увеличению нормы. Варианты с помётом (П15, П30) дают умеренное увеличение продуктивности, что подтверждает эффективность гранулированной формы.

Таблица 2. **Химический состав многолетних трав (2020–2022 гг.)**

№	Вариант	Массовая доля в пересчете на сухое вещество, %				Массовая доля при естественной влажности, мг/кг	
		сырого протеина	сырой клетчатки	сырой золы	сырого жира	Каротин	Нитраты
1	Контроль	7,47±0,3	28,70±2,3	7,95±0,3	1,47±0,4	9±4	308±40
2	$Г_{15}$	9,47±0,3	33,73±2,6	8,36±0,4	1,82±0,5	20±6	711±94
3	$П_{15}$	9,37±0,3	32,13±2,5	7,90±0,3	1,72±0,5	13±5	742±98
4	$П_{30}$	8,63±0,3	31,17±2,5	9,22±0,4	2,14±0,5	12±4	1837±261
5	$Г_{30}$	8,77±0,3	30,80±2,5	8,08±0,3	1,90±0,5	15±5	1690±206

Наибольшая массовая доля сырого протеина зафиксирована в вариантах с гранулированным удобрением и помётом при норме 15 т/га (Г15 – 9,47 %, П15 – 9,37 %), что на 25–26 % выше контроля (7,47 %). Это свидетельствует о положительном влиянии органических удобре-

ний на белковый состав растений. Массовая доля сырой клетчатки увеличивалась в вариантах Г15 (33,73 %) и П15 (32,13 %) по сравнению с контролем (28,70 %), что может указывать на улучшение структурных свойств кормовой массы, но требует балансировки с протеиновым содержанием для оптимальной усвояемости.

Максимальное содержание сырого жира отмечено в варианте П30 (2,14 %), а наибольшее количество каротина – в варианте Г15 (20 мг/кг). Это подтверждает, что гранулированная форма органического удобрения способствует накоплению биологически активных веществ, в том числе каротиноидов, повышающих питательную ценность кормов.

Вариант П30 показал наибольшую долю сырой золы (9,22 %), что отражает накопление минеральных веществ при высокой норме внесения органики. При этом варианты Г15 и Г30 имеют умеренное содержание золы, близкое к контролю, что оптимально с точки зрения кормового качества.

Наименьшее содержание нитратов зафиксировано в контроле (308 мг/кг). Значительное увеличение содержания нитратов наблюдалось при высоких дозах индюшиного помёта (П30 – 1837 мг/кг, Г30 – 1690 мг/кг), что указывает на риск превышения допустимых норм при чрезмерном внесении удобрений. Варианты с дозой 15 т/га (Г15, П15) демонстрируют умеренное повышение нитратов, безопасное для кормового использования.

Оптимальный баланс белка, клетчатки и каротина достигается при дозе органических удобрений 15 т/га (Г15, П15), обеспечивая максимальную питательную ценность кормов. Превышение дозы до 30 т/га приводит к повышению содержания нитратов, что может негативно сказаться на безопасности кормовой массы. Таким образом, рациональное применение органических удобрений в умеренных дозах повышает биохимическую ценность многолетних трав и снижает экологические риски.

Заключение. Проведённые исследования подтвердили высокую агрономическую и экологическую эффективность применения органических удобрений при возделывании многолетних трав. Установлено, что наибольшая урожайность сухой массы и максимальные показатели биохимической ценности кормовой продукции достигаются при внесении гранулированного или подстилочного индюшиного помёта в дозе 15 т/га. В указанной норме обеспечивается существенный прирост продуктивности, повышение содержания сырого протеина и каротина, а также формирование оптимального кормового качества.

В то же время увеличение дозы до 30 т/га сопровождается ростом содержания нитратов в растительной массе, что может снижать кормовую безопасность и требует регламентированного подхода к нормированию внесения. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости научно обоснованной оптимизации доз органических удобрений с учётом баланса между продуктивностью и экологической безопасностью.

Таким образом, рациональное использование органических удобрений, особенно в гранулированной форме при дозе 15 т/га, является перспективным направлением интенсификации растениеводства и важным инструментом достижения стратегических целей развития агропромышленного комплекса Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко, А. М. Организационно-технологический механизм развития рынка органических удобрений / А. М. Бондаренко, Л. С. Качанова // Дальневосточный аграрный вестник. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 93–102.

2. Демченко, Л. В. особенности обеспечения органическими удобрениями российского агропромышленного комплекса в современных условиях / Л. В. Демченко, И. Н. Корабейников, Е. П. Давыдова // Финансовый менеджмент. – 2024. – № 11-1. – С. 44–52.

3. Россия – добрая душа: производство и экспорт удобрений растут вопреки пошлинам.– URL: https://www.forbes.ru/biznes/555290-rossia-dobraa-dusa-proizvodstvo- i-eksport-udobrenij-rastut-vopreki-poslinam. (дата обращения:16.02.2026).

4. Кручинина, В. М. Рынок удобрений в России: состояние и направления развития / В. М. Кручинина, С. М. Рыжкова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – Т. 83, № 1 (87). – С. 375–384.

5. Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 4 июля 2023 г. № 1788-р «О внесении изменений в государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: http://publication.pravo.gov.ru (дата обращения: 02.03.2026).

6. Мерзлая, Г. Е. Агроэкологические особенности биологизированных и минеральных систем удобрения в агроценозах / Г. Е. Мерзлая, А. Н. Новикова // Плодородие. – 2025. – № 3 (144). – С. 48–52.

7. Патент № 2771225 C1 Российская Федерация, МПК C05F 3/00. способ повышения плодородия почвы при возделывании сельскохозяйственных культур : № 2021122971 : заявл. 29.07.2021 : опубл. 28.04.2022 / Буряк С. М., Мажайский Ю. А., Черникова О. В., Голубенко М. И.; заявитель «Общество с ограниченной ответственностью «Мещерский научно-технический центр».

УДК 378.147:004.9

ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ-ИНЖЕНЕРОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН

В. В. Масич, д-р пед. наук, профессор, заведующий кафедрой ВМиФ
И. В. Шараева, ст. преподаватель кафедры ВМиФ
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: цифровые компетенции, студенты-инженеры, естественно-научные дисциплины, виртуальные лаборатории, математическое моделирование, цифровая образовательная среда.

Аннотация. В статье обоснована актуальность формирования цифровых компетенций будущих инженеров средствами естественно-научных дисциплин (физика, химия, математика, экология и др.) через интеграцию цифровых инструментов. Предложена методика, включающая этапы от диагностики до итоговой оценки, с использованием виртуальных лабораторий, систем компьютерной математики и цифровых платформ. Описаны условия реализации и ожидаемые результаты. Для преподавателей, методистов и исследователей в области инженерной педагогики.

Keywords: digital competences, engineering students, natural science disciplines, formation methodology, virtual laboratories, mathematical modeling, digital educational environment.

Summary. The article substantiates the relevance of the formation of digital competencies of future engineers by means of natural science disciplines (physics, chemistry, mathematics, ecology, etc.) through the integration of digital tools. A methodology is proposed that includes the stages from diagnosis to final assessment, using virtual laboratories, computer mathematics systems and digital platforms. The conditions of implementation and expected results are described. For teachers, methodologists and researchers in the field of engineering pedagogy.

Современное инженерное образование требует цифровых компетенций выпускников (Индустрия 4.0, цифровые двойники, ИИ). Анализ образовательных стандартов Беларуси показывает, что формиро-

вание этих компетенций заложено в универсальные и общепрофессиональные, но механизмы реализации остаются на усмотрение преподавателя [1]. Наибольший потенциал имеют естественно-научные дисциплины (физика, химия, математика и др.), так как они включают работу с данными, моделирование, эксперименты. Цель статьи – предложить методику формирования цифровых компетенций студентов-инженеров при изучении естественно-научных дисциплин и обосновать условия её реализации. Согласно DigComp 2.1, цифровая компетенция включает информационную грамотность, коммуникацию, создание контента, безопасность, решение проблем [2, 3]. Для инженеров она дополняется владением CAD/CAE, программированием, работой с большими данными, компьютерным моделированием.

Из работ исследователей можно сделать вывод, что формирование цифровых компетенций должно носить контекстный характер, то есть быть встроенным в профессионально ориентированную деятельность [4, 5, 6, 7]. Естественно-научные дисциплины создают для этого благоприятную среду: они предполагают наблюдение, измерение, обработку результатов, построение гипотез и их проверку – всё это может быть реализовано как с использованием реального оборудования, так и с применением цифровых аналогов.

Современные подходы к преподаванию естественно-научных дисциплин в техническом вузе включают широкий спектр цифровых инструментов:

- виртуальные лабораторные работы (PhET Interactive Simulations, Labster, виртуальные практикумы по физике и химии) [8];
- системы компьютерной математики (MATLAB, Mathcad, Wolfram Mathematica, Octave);
- средства моделирования физических и химических процессов (COMSOL Multiphysics, Ansys, ChemCollective);
- цифровые платформы для сбора и обработки данных (Arduino, LabVIEW, цифровые датчики Vernier);
- облачные сервисы для совместной работы и визуализации (Google Colab, Jupyter Notebooks, Tableau Public).

Интеграция этих средств в учебный процесс позволяет формировать у студентов не только предметные знания, но и навыки программирования, статистической обработки, визуализации, работы в команде с использованием цифровых сред – то есть ключевые элементы цифровых компетенций [10].

Методика формирования цифровых компетенций.

Предлагаемая методика базируется на принципах контекстного обучения, междисциплинарной интеграции и деятельностного подхода [4]. Она включает четыре основных этапа, которые могут быть реализованы в рамках дисциплин естественно-научного цикла на протяжении 1–3 курсов обучения.

1. Диагностико-ориентационный этап.

На данном этапе осуществляется первичная диагностика уровня цифровой грамотности студентов. Для этого могут использоваться адаптированные опросники на основе модели DigComp [2, 3], а также простые практические задания: построение графика по табличным данным, поиск информации в электронных каталогах, создание простой презентации. Результаты диагностики позволяют выявить дефициты и спроектировать индивидуальные образовательные траектории.

Кроме того, на этом этапе проводится вводный инструктаж о роли цифровых компетенций в будущей профессиональной деятельности инженера, демонстрируются примеры использования цифровых инструментов в реальных инженерных задачах. Это создаёт мотивационную основу для дальнейшей работы.

2. Содержательно-процессуальный этап.

Этот этап является основным и реализуется в процессе изучения конкретных дисциплин. Преподаватель включает в рабочую программу задания, требующие применения цифровых инструментов. Важно, чтобы такие задания были не эпизодическими, а образовывали систему.

Ниже приведены примеры интеграции цифровых инструментов по дисциплинам.

Физика. Использование виртуальных лабораторий (например, PhET) для моделирования электрических цепей, оптических явлений, колебательных процессов перед выполнением натурного эксперимента или вместо него (при недостатке оборудования) [8].

Обработка результатов реальных экспериментов с помощью электронных таблиц (MS Excel, Google Sheets) с применением статистических функций, построением графиков, аппроксимацией.

Численное моделирование физических процессов в среде MATLAB или Python. Студенты получают готовые скрипты или создают их под руководством преподавателя.

Химия. Работа с виртуальными лабораториями для изучения кинетики реакций, кислотно-основного титрования, органического синтеза.

Платформы типа Labster или ChemCollective позволяют проводить эксперименты, недоступные в реальной лаборатории.

Использование баз данных химических соединений (PubChem, Reaxys) для поиска свойств веществ, построения 3D-моделей молекул.

Применение программ молекулярного моделирования (Avogadro, ChemOffice) для визуализации пространственной структуры.

На этом этапе также предусматривается выполнение комплексных междисциплинарных проектов, объединяющих несколько дисциплин. Например, проект «Цифровой двойник теплового процесса» может включать математическое моделирование (математика), расчёт физических полей (физика), выбор материалов (химия/материаловедение) и создание интерактивной модели (информатика).

3. Рефлексивно-оценочный этап.

На данном этапе оценивается уровень сформированности цифровых компетенций. Оценка должна быть комплексной и включать:

- выполнение индивидуальных и групповых заданий с использованием цифровых инструментов;
- защиту проектов с презентацией результатов (оценивается умение работать с цифровыми средствами визуализации и коммуникации);
- портфолио цифровых работ (скрипты, модели, отчёты, созданные в цифровой среде);
- самооценку студентами своих компетенций.

4. Корректирующий этап.

На основе результатов оценки преподаватель выявляет типичные затруднения студентов и вносит коррективы в содержание и методы обучения. Возможно проведение дополнительных консультаций, разработка методических материалов, организация взаимопомощи между студентами. Этот этап обеспечивает непрерывность процесса формирования компетенций и переход на новый уровень сложности заданий.

Таким образом можно утверждать, что Естественно-научные дисциплины обладают дидактическим потенциалом для формирования цифровых компетенций инженеров. Предложенная поэтапная интеграция цифровых инструментов без введения отдельных дисциплин оптимизирует обучение. Реализация требует комплексного подхода (подготовка преподавателей, обновление базы, материалы, междисциплинарная координация), но окупается качеством подготовки специалистов для цифровой экономики. Дальнейшие исследования: система

оценки компетенций, междисциплинарные практикумы, адаптация методики под разные инженерные направления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Министерства образования Республики Беларусь 2 августа 2023 г. № 225 Об утверждении образовательных стандартов общего высшего образования. – URL: https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22340495p. (дата обращения: 15.03.2026)

2. Carretero, S. DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens. / Vuorikari, R., Punie, Y. DigComp // Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. – 48 p.

3. Ferrari, A. DIGCOMP: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe / A. Ferrari // Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. – 52 p.

4. Роберт, И. В. Теория и методика информатизации образования (психолого-педагогический и технологический аспекты) / И. В. Роберт. – М.: ИИО РАО, 2014. – 398 с.

5. Шараева, И. В. Цифровая культура будущих специалистов агропромышленного комплекса / И. В. Шараева; науч. рук. В. В. Масич // Молодежь XXI века: образование, наука, инновации: материалы XI Междунар. конф. аспирантов и молодых ученых, г. Витебск, 6 дек. 2024 г. / М-во образования Республики Беларусь, Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П. М. Машерова» ; редкол.: Е. Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2024. – С. 156–159.

6. Шаухалова, Р. А. Принципы формирования цифровой культуры студентов в университете / Р. А. Шаухалова // Педагогический журнал. – 2020. – Т. 10, № 1А. – С. 436–443. – URL: http://www.publishing-vak.ru/file/archive-pedagogy-2020-1/51-shaukhalova. pdf).

7. Югова, Е. А. Проблемы формирования цифровых компетенций у студентов естественнонаучного направления / Е. А. Югова, Л. В. Сардак, Н. Л. Абрамова // Проблемы современного педагогического образования. – Ялта, 2025. – № 87-3. – С. 340–344. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82546077).

8. Phet – интерактивный симулятор. – URL: https://phet.colorado.edu/en/ simulations/filter?subjects= physics&type=html (дата обращения: 15.03.2026).

9. Александрова, А. А. Исследование значимости цифровых компетенций студентов для профессиональной деятельности / А. А. Александрова, И. В. Шараева // Биоэкономика – экономика будущего : материалы IV Междунар. науч. студ. конф., Минск, 31 окт. 2025 г. / Бел. гос. ун-т ; редкол. : А. А. Королева (гл. ред.) [и др.]. – Мн. : БГУ, 2025. – С. 134–137.

10. Короткова, В. С. Учебные цифровые лаборатории как средство формирования и развития естественнонаучной грамотности / В. С. Короткова. // Молодой ученый. – 2024. – № 32 (531). – С. 133–135. – URL: https://moluch.ru/archive/531/117089.

УДК 626.862

СОВРЕМЕННЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ДРЕНАЖА

О. А. Мерзлова, канд. с.-х. наук, доцент
С. М. Олашин, студент
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: дреноукладчик, осушение, рабочий орган, траншея.

Аннотация. Использование закрытого горизонтального дренажа остается наиболее эффективным способом регулирования водно-воздушного режима почв. Качество мелиоративных работ зависит от технических особенностей дреноукладочной техники, сравнение которых приведено в статье.

Keywords: drainage machine, drainage, working body, trench.

Summary. The use of closed horizontal drainage remains the most effective way to regulate the water and air regime of soils. The quality of reclamation work depends on the technical features of drainage equipment, which are compared in the article.

Введение. В Республике Беларусь сельскохозяйственные земли занимают около 7,9 млн га, из них 2,9 млн га подвергнуты осушению, среди которых около 700 тыс. га охвачены системами двухстороннего регулирования водного режима, около 28 тыс. га орошаемые земли [1]. В настоящее время значительная часть ранее осушенных земель требует реконструкции и модернизации осушительных систем. Эффективный рост производительности труда и качества мелиоративных работ позволяет обеспечить использование современных дреноукладочных машин [2].

Цель работы – изучение технических особенностей различных дреноукладочных машин и выявление преимуществ их применения.

Материалами для исследований послужили интернет- и рекламные материалы производителей дреноукладочной техники, а также научные литературные источники, которые были проанализированы с использованием монографического и сравнительного методов исследований.

Результаты исследований и их обсуждение. Ключевым техническим средством при устройстве горизонтального закрытого дренажа является дреноукладчик. Он представляет собой траншейный экскаватор, снизу к которому крепится механизм для укладки трубы.

По типу прокладываемых дрен выделяют машины для прокладывания трубчатого, кротового, щелевого дренажа и для повышения водопроницаемости грунта.

По способу перемещения рабочего органа, обеспечивающему изменение глубины дрены или траншеи существуют машины с поворотом рабочего органа вокруг поперечного горизонтального вала; с плоскопараллельным перемещением рабочего органа; с комбинированным подъемом на рычагах и с поворотом вокруг поперечного вала; с накаткой лебедкой по направляющим; с изменением положения рабочего органа относительно опор рабочего оборудования.

По типу рабочего органа дреноукладчики и траншеекопатели подразделяются на многоковшовые цепные, скребковые цепные, многоковшовые роторные, шнековые, баровые, ножевые, комбинированные и другие. Все они делятся на машины с пассивными, активными и активно-пассивными рабочими органами.

К машинам с пассивными рабочими органами относятся кротовые, машины со ступенчатыми ножами, с V-образным рабочим органом, с пассивным ножом для бестраншейной укладки дренажа [2].

Машины с V-образным рабочим органом вырезают призму грунта, приподнимают его, и в образующуюся при этом щель укладывается дренажная труба. Грунт опускается на прежнее место. Такие машины способны укладывать дренаж на глубину до 1,8 м (DrainagePlow 25/20 «Masten-broek», Великобритания; 2040GP V-plow «Inter-Drain» Голландия). Отличительными особенностями машин с пассивными рабочими органами являются малая энергоемкость процесса, отсутствие потерь почвенного слоя, простота рабочего органа, высокая производительность, достаточно низкая себестоимость строительства.

Дреноукладчики с пассивным ножом, выпускаемые фирмами «Masten-broek» и «Hollanddrain», предназначены для бестраншейной укладки дренажа [2]. Они прорезают щель шириной 0,25 м, по дну которой движется трубоукладчик и укладывает дренаж на глубине до 1,6 м на минеральных грунтах и до 1,8 м на торфяниках. Рабочий орган представляет собой стрелу с установленным пассивным режущим ножом и датчик системы для выдерживания заданного уклона.

Дреноукладчик обеспечивает качественную укладку дрен при движении по грубоспланированной трассе с неровностями под гусеница-

ми высотой не более 20 см и длиной не менее продольной базы машины. Недостатками машин с пассивными рабочими органами являются ограниченная возможность укладки труб большого диаметра, затрудненность контроля качества укладки труб, большое тяговое сопротивление, невозможность работы в грунтах с посторонними включениями.

Фирмами «Inter-Drain» (Голландия) и «Huntelmann» (Германия) выпускаются дреноукладчики с активными рабочими органами, предназначенные для прокладки траншей и одновременной укладки дренажных пластмассовых труб на глубину от 2 до 3 м на осушаемых землях в зимнее время, в грунтах сезонного промерзания и в летнее время при разработке особо прочных грунтов [3].

По ширине прокладываемой траншеи дреноукладчики с активным рабочим органом могут быть узкотраншейными (ширина траншеи от 0,25 до 0,5 м) и широкотраншейными (ширина траншеи свыше 0,5 м).

Рабочий орган состоит из рамы, телескопического лотка, турасного вала, верхней рамы, на которой устанавливается кронштейн датчика системы выдерживания заданного уклона, рабочей скребковой цепи, натяжного механизма и направляющих роликов.

Данные рабочие органы характеризуются возможностью укладки труб различного диаметра, низким тяговым сопротивлением, возможностью работы в грунтах с древесными включениями и камнями, простотой контроля качества укладки труб.

На цепных рабочих органах дреноукладчиков для отделения грунта и перемещения его на поверхность применяются скребки, которые обычно крепятся к замкнутой пластинчатой цепи. Скребок может применяться в легких и тяжелых грунтах. Режущая плоскость выполнена сужающейся к задней части, что снижает трение о стенки траншеи, и основная масса отделенного грунта транспортируется не по поверхности забоя, а размещается на режущей плоскости, что тоже снижает усилие в тяговой цепи. Скребки устанавливаются комплектами из режущих и транспортирующих единиц.

Недостатками активных цепных рабочих органов являются большой объем земляных работ, потеря части почвенного слоя, низкая производительность, сложность конструкции рабочего органа, высокая себестоимость строительства дренажа. Дреноукладчики оборудованы бухтодержателем для пластмассовых труб.

Долгое время в Беларуси применялись дреноукладочные машины советского производства, которые имели скребковый рабочий орган, предназначенный для строительства узкотраншейного дренажа [4].

С 2000 годов в Беларуси ОАО «Амкодор-КЭЗ» (Кохановский экскаваторный завод) налажено собственное производство мелиоративных машин. Наиболее современным является экскаватор-дреноукладчик ЭТЦ-203, отличающийся гибкостью и маневренностью [5]. Эти качества обеспечиваются за счет таких особенностей, как:

– удобные органы управления – на приборной панели предусмотрены элементы включения и реверса движения ковша, управление гидравлическими цилиндрами, выравнивание колес, транспортный ход;

– продуманное рабочее оборудование – на раме установлен датчик для измерения уклона;

– гибкая в управлении гидравлическая система – предусмотрена система защитных клапанов;

– надежное электрооборудование. В его функции входит пуск мотора, обеспечение освещения, вентиляции и световой сигнализации, предпускового подогрева;

– наличие датчика уклона (нивелира), контролирующего угол наклона и его правильность;

– эргономика кабины обеспечит оператору максимальное удобство.

Оптимальное соотношение цены и качества делает ЭТЦ-203 несомненным лидером в этом сегменте экскаваторов.

Заключение. Внедрение современных дреноукладочных машин, хорошо зарекомендовавших себя в мелиоративной практике, в Республике Беларусь способно обеспечить значительный рост производительности труда, повышение качества мелиоративных работ. Важное место принадлежит техническому совершенствованию мелиоративных машин отечественного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь (по состоянию на 1 янв. 2025 г.) / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. – URL: http://gki.gov.by/ru/activity_branches-land-reestr. (дата обращения: 25.01.2026).

2. Бакач, Н. Г. Обзор современных машин для строительства закрытого горизонтального дренажа / Н. Г. Бакач, И. Е. Мажугин, В. М. Горелько // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 45. – С. 267–271.

3. MastenbroekLimited. – URL: https://www.mastenbroek.com/ (дата обращения: 15.10.2025).

4. Дом. Приложение. Горизонтальное обезвоживание / Inter-Drain-2024. – URL: https://www.inter-drain.com. (дата обращения: 15.10.2025).

5. Экскаваторы-дреноукладчики. – URL: https://perevozka24.ru/pages/ekskavatory-drenoukladchiki. (дата обращения: 25.10.2025).

УДК 551.577:551.583(476.2)

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

О. П. Мешик, канд. техн. наук, доцент,
декан факультета инженерных систем и экологии
М. В. Борушко, ст. преподаватель
УО «Брестский государственный технический университет»,
г. Брест, Республика Беларусь

Ключевые слова: влагообеспеченность, Белорусское Полесье, климатические изменения, потенциальная испаряемость, мелиорированные земли.

Аннотация. В статье рассмотрены современные изменения влагообеспеченности территории Белорусского Полесья в условиях климатических изменений по данным 10 метеостанций за 1950–2023 гг. Показано, что рост температуры и потенциальной испаряемости на фоне увеличения атмосферных осадков не обеспечивает устойчивого улучшения водного баланса теплого периода, что усиливает актуальность адаптации гидромелиоративных систем к новым климатическим условиям.

Keywords: soil moisture availability, Belarusian Polesie, climate change, potential evapotranspiration, drained agricultural lands.

Summary. The article examines contemporary changes in soil moisture availability in the Belarusian Polesie region under climate change conditions, based on data from 10 weather stations spanning 1950–2023. It demonstrates that rising temperatures and potential evapotranspiration, despite increased atmospheric precipitation, do not ensure a sustainable improvement in the warm-season water balance. This underscores the growing urgency of adapting hydromelioration systems to new climatic conditions.

Белорусское Полесье является одним из наиболее чувствительных к климатическим изменениям регионов Беларуси. Это обусловлено значительной площадью мелиорированных земель, а также высокой зависимостью сельского хозяйства от соотношения тепла и влаги. В условиях современного потепления для региона возрастает значение не только отвода избыточной влаги, но и поддержания оптимального водного режима в засушливые периоды [1]. Климатические изменения

в Полесье выражаются в повышении температуры воздуха, изменении сезонного распределения атмосферных осадков, учащении засушливых периодов. На мелиорированных землях эти процессы проявляются острее, быстрее иссушаются торфяные почвы, повышается пожароопасность и возрастает потребность в регулируемом увлажнении [2]. Ряд исследований показывает, что в южных регионах Беларуси рост температуры не компенсируется увеличением осадков, так как одновременно возрастает испаряемость. Поэтому при оценке влагообеспеченности необходимо учитывать не только осадки, но и показатели, связанные с температурным фактором – потенциальную испаряемость, климатический водный баланс и их пространственно-временные изменения [3]. Такая оценка необходима для реконструкции осушительных систем, перевода их к двустороннему водорегулированию [1, 4].

Целью работы являлась оценка современных изменений влагообеспеченности территории Белорусского Полесья по данным метеорологических наблюдений за 1950–2023 гг. с акцентом на показатели, имеющие значение для эксплуатации и адаптации гидромелиоративных систем.

Были рассчитаны: среднегодовая температура воздуха (T), годовая сумма атмосферных осадков (P), годовая потенциальная испаряемость (PET), климатический водный баланс (D). Потенциальная испаряемость (PET) оценивалась по методу Торнтвейта. Данный метод широко применяется при ограниченной метеорологической информации и его применение обосновывается рядом работ российских ученых [5], однако рассчитанные величины (D) интерпретируются в настоящем исследовании прежде всего как индикаторы относительной динамики влагодефицита, а не как точная оценка. Для выявления направленности изменений рассмотрены три расчетных интервала: 1950–1979, 1980–1999 и 2000–2023 гг. На рис. 1–3 показана межгодовая изменчивость исследуемых характеристик.

Среднегодовая температура воздуха увеличилась от 6,5 °C в 1950–1979 гг. до 8,3 °C в 2000–2023 гг., т. е. почти на 1,8 °C. Одновременно годовая сумма осадков возросла с 573 до 632 мм, однако потенциальная испаряемость увеличилась еще сильнее – с 591 до 639 мм. Таким образом, само по себе увеличение осадков не означает улучшения влагообеспеченности. Наиболее показательны изменения теплого периода. Среднее по Полесью значение (D) составило 199 мм в 1950–1979 гг., улучшилось до -172 мм в 1980–1999 гг., а затем вновь ухудшилось до -209 мм в 2000–2023 гг. Это означает, что современное по-

тепление усилило дефицит влаги именно в вегетационный период, что особенно важно для мелиорированных земель с регулируемым водным режимом.

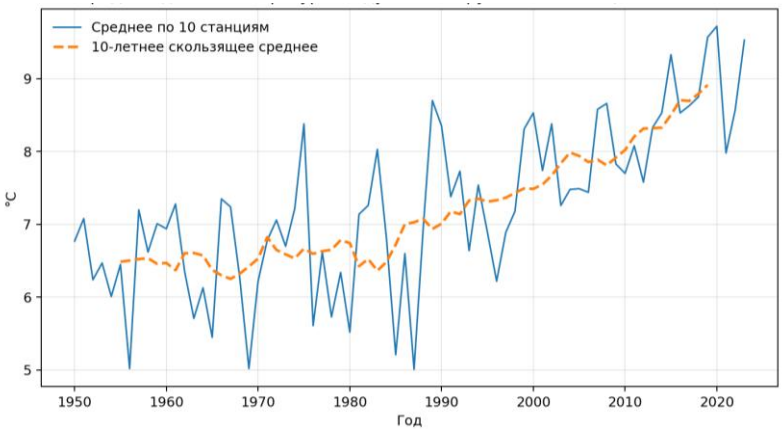


Рис. 1. Среднегодовая температура воздуха (T) в Белорусском Полесье (среднее по 10 станциям), °C

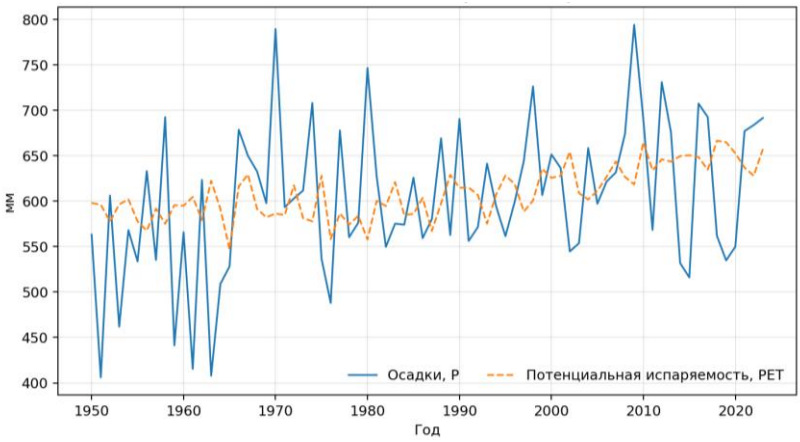


Рис. 2. Годовые атмосферные осадки (P) и потенциальная испаряемость (PET) (среднее по 10 станциям), мм

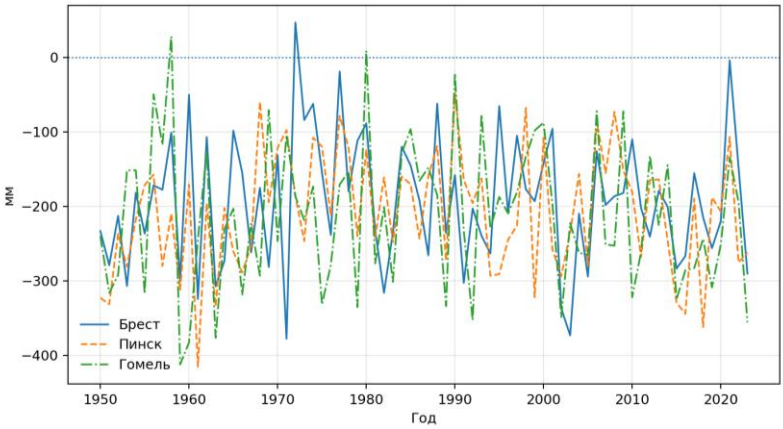


Рис. 3. Динамика климатического водного баланса (D) апреля-сентября по репрезентативным станциям, мм

По величине потепления лидируют восточные и юго-восточные станции: Гомель, Пинск и Жлобин, где приращение среднегодовой температуры между поздним и ранним периодами превысило 2,0 °C. В западной части региона (Брест, Пружаны, Ивацевичи) потепление также выражено отчетливо, но несколько слабее. При этом реакция влагообеспеченности оказалась пространственно неоднородной – на части станций ухудшение климатического водного баланса (D) теплого периода связано прежде всего с быстрым ростом потенциальной испаряемости (PET), тогда как на других рост атмосферных осадков (P) частично компенсирует увеличение испаряемости.

Наиболее заметное ухудшение водного баланса апреля-сентября по сравнению с 1950–1979 гг. получено для Пружан, Жлобина, Бреста и Брагина. Для этих пунктов приращение (PET) оказалось больше прироста осадков, что указывает на рост риска иссушения в теплый период и повышает значимость регулируемого увлажнения. В Пинске, Житковичах и Ивацевичах изменения оказались более мягкими, а на отдельных интервалах даже наблюдалось частичное смягчение дефицита, однако в целом (D) остается отрицательным и в этих пунктах.

Динамика средних региональных значений показывает, что мелиоративная инфраструктура Белорусского Полесья должна адаптироваться к новым климатическим условиям. Осушительные системы должны не только отводить избыток воды, но и обеспечивать ее сезон-

ное удержание. Это требует развития двустороннего регулирования стока, более гибкого управления гидротехническими сооружениями, перевода осушительных систем в осушительно-оросительные.

Линейный тренд средней по Белорусскому Полесью температуры воздуха составляет около 0,37 °С за 10 лет, а годовой потенциальной испаряемости – около 9,4 мм за 10 лет. Тренд годовых осадков положителен и достигает 13,8 мм за 10 лет, но этого недостаточно для устойчивого улучшения влагообеспеченности теплого периода. Именно поэтому рост осадков не должен рассматриваться как основание для отказа от адаптивных мелиоративных мероприятий.

Наиболее засушливые, по интегральной оценке, годы для региона приходятся как на раннюю, так и на современную часть ряда. В числе лет с наименьшими значениями (D) теплого периода выделяются 1963, 2002, 2015, 2016, 2018 и 2023 гг. Это показывает, что проблема влагодефицита в Полесье имеет не только трендовую, но и ярко выраженную экстремальную составляющую, даже при умеренном среднем тренде отдельные сезоны формируют очень высокий запрос на водорегулируемые мелиорации.

Сопоставление полученных результатов с литературными данными показывает хорошее согласование основных тенденций. Зафиксированное в работе повышение температуры и усиление испаряемости соответствует выводам о современном потеплении в Белорусском Полесье и в южных регионах Беларуси. Одновременно расчеты подтверждают тезис о том, что для мелиорированных ландшафтов ключевой характеристикой становится уже не только переувлажнение, но и способность системы удерживать воду в теплый период.

С практической точки зрения для Белорусского Полесья наиболее уязвимы территории осушенных торфяников и легких минеральных почв, где отрицательный климатический водный баланс теплого периода сочетается с быстрым понижением уровней грунтовых вод. Для таких условий приоритетными являются мероприятия по реконструкции мелиоративной сети и гидротехнических сооружений, восстановлению неработающих мелиоративных систем, оптимизации режимов работы осушительно-увлажнительных систем и учету новой сезонности климатических рисков.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев, В. Н. Климатические условия периода мелиоративного освоения Белорусского Полесья / В. Н. Киселев, Е. В. Матюшевская // Мелиорация. – 2015. – № 1 (73). – С. 150–159.

2. Оценка увлажнения и уязвимости почв сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья к засухам / В. И. Мельник, В. М. Яцухно, А. Н. Червань [и др.] // Природопользование. – 2021. – № 1. – С. 27–40.

3. Лысенко, С. А. Взаимосвязь современных изменений испарения и количества осадков в южных регионах Беларуси / С. А. Лысенко, В. Ф. Логинов, Ю. А. Бондаренко // Природопользование. – 2020. – № 1. – С. 20–29.

4. Мешик, О. П. Влияние изменения климата на режимы гидромелиораций (на примере юго-западной части Беларуси) / О. П. Мешик // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – 2006. – № 2. – С. 5–10.

5. Золотокрылин, А. Н. Биоклиматическая субгумидная зона на равнинах России: засухи, опустынивание и (или) деградация / А. Н. Золотокрылин, Е. А. Черенкова, Т. Б. Титкова // Аридные экосистемы. – 2018. – Т. 24, № 1 (74). – С. 11–17.

УДК 631.6

ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ

Д. С. Миронов, мл. науч. сотрудник
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»,
п. Радужный, г. о. Коломенский, Московская обл.,
Российская Федерация

Ключевые слова: мелиорируемые земли, гидромелиоративные системы, мониторинг земель, геоинформационные системы (ГИС), дистанционное зондирование Земли.

Аннотация. В данной статье представлен системный обзор современных подходов к управлению мелиоративным фондом. Рассматривается эволюция методов контроля состояния земель от традиционных полевых изысканий до комплексного использования геоинформационных платформ. Автор анализирует влияние деградационных процессов на продуктивность агроценозов и предлагает пути оптимизации водопользования через внедрение интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

Keywords: Land reclamation, hydro-reclamation systems, land monitoring, geoinformation systems (GIS), remote sensing of the Earth.

Summary. This article provides a systematic review of modern approaches to the management of the land reclamation fund. It examines the evolution of methods for monitoring the state of land, from traditional field surveys to the comprehensive use of geoinformation platforms. The author analyzes the impact of degradation processes on the productivity of agrocenoses and suggests ways to optimize water management through the implementation of intelligent decision support systems.

Введение. Современное состояние мелиорируемых земель требует пересмотра классических парадигм эксплуатации гидромелиоративных систем. В условиях глобальных климатических изменений и возрастающей антропогенной нагрузки на почвенный покров мелиорация перестает быть исключительно инженерной задачей по перераспределению водных ресурсов. Она трансформируется в сложную эколого-экономическую систему, эффективное управление которой невозможно без оперативной и достоверной информации о состоянии каждого отдельного участка.

Актуальность данной темы обусловлена необходимостью повышения коэффициента полезного действия существующих оросительных и осушительных сетей, многие из которых характеризуются значительным моральным и физическим износом инфраструктуры [1].

Проблематика деградации мелиорируемых угодий. Одной из ключевых преград на пути к устойчивому развитию мелиоративного сектора является прогрессирующая деградация почв. В регионах с интенсивным орошением наблюдается устойчивая тенденция к вторичному засолению и подтоплению, что зачастую связано с нарушением фильтрационной способности каналов и отсутствием адекватного дренажа. Эти процессы приводят не только к снижению урожайности сельхозкультур, но и к долгосрочной трансформации структуры почвенного профиля, восстановление которого требует колоссальных капиталовложений [2].

В гумидной зоне, напротив, основной проблемой остается деградация осушительных систем, что влечет за собой повторное заболачивание и зарастание ценных угодий древесно-кустарниковой растительностью. Отсутствие регулярного мониторинга заиления открытой сети и зарастания каналов делает невозможным планирование ремонтно-эксплуатационных работ, превращая мелиорацию в низкоэффектив-

ный процесс с непредсказуемым результатом [3]. Для преодоления этих негативных факторов требуется создание единой системы мониторинга, способной интегрировать данные о гидрологическом режиме, агрохимическом составе почв и техническом состоянии гидротехнических сооружений.

Геоинформационное обеспечение и дистанционные методы. Переход к цифровому мониторингу открывает принципиально новые возможности для анализа мелиоративной обстановки. Геоинформационные системы (ГИС) позволяют аккумулировать огромные массивы пространственных данных, превращая разрозненные сведения в мощный инструмент анализа. Использование спутниковой информации сверхвысокого и среднего разрешения дает возможность проводить ретроспективный анализ состояния земель за последние десятилетия, выявляя скрытые тренды деградации, которые невозможно зафиксировать при разовых наземных обследованиях [4].

Особое значение приобретает расчет вегетационных индексов, которые выступают косвенными индикаторами влагообеспеченности и солевого режима почв. Сопоставление карт вегетации с картами рельефа и типами почв позволяет локализовать проблемные зоны с высокой точностью. Это создает фундамент для реализации принципов точного мелиоративного земледелия, где поливные нормы и дозы внесения мелиорантов рассчитываются дифференцированно для каждого микрорельефа поля [5]. Внедрение беспилотных авиационных систем существенно дополняет космический мониторинг, позволяя проводить детальную съемку объектов внутрихозяйственной сети, выявлять прорывы трубопроводов и очаги водной эрозии в режиме времени, близком к реальному [6].

Интеллектуальное управление и «цифровые двойники». Перспективным вектором развития отрасли является концепция создания цифровых двойников мелиоративных объектов. Цифровой двойник – это не просто статичная карта, а динамическая модель, которая имитирует работу мелиоративной системы в различных погодных условиях. Интеграция такой модели с данными метеостанций и датчиков влажности почвы (IoT-решения) позволяет прогнозировать потребность в поливе на несколько дней вперед, минимизируя нецелевой сброс воды и предотвращая вымывание питательных веществ из корнеобитаемого слоя [7].

Автоматизация водораспределения на магистральных каналах и распределителях с применением современных программных комплексов позволяет оптимизировать гидравлические режимы работы систем.

Это снижает риск возникновения аварийных ситуаций и обеспечивает гарантированную подачу воды водопотребителям даже в условиях дефицита ресурса. Важно понимать, что технологическое обновление должно сопровождаться развитием нормативно-правовой базы, регулирующей использование цифровых данных в государственном учете земель [8].

Эколого-экономические аспекты модернизации. Эффективность использования мелиорируемых земель неразрывно связана с экономической целесообразностью внедрения инноваций. Несмотря на высокую стоимость ГИС-технологий и оборудования для автоматизации, долгосрочный эффект от их применения выражается в существенном снижении эксплуатационных затрат и сохранении природного капитала – плодородия почв. Оптимизация водопотребления в масштабах крупных оросительных систем позволяет высвобождать значительные объемы воды для других нужд, что особенно критично для южных регионов с нарастающим дефицитом водных ресурсов [9].

Кроме того, цифровизация мониторинга способствует повышению инвестиционной привлекательности мелиорируемых земель. Прозрачность данных о состоянии участка и истории его эксплуатации снижает риски для агробизнеса и позволяет более эффективно планировать севообороты. Внедрение экологических стандартов, контролируемых через системы дистанционного зондирования, гарантирует соблюдение принципов устойчивого природопользования и предотвращает хищническую эксплуатацию земель [10].

Заключение. Состояние мелиорируемых земель на современном этапе требует комплексного подхода, объединяющего глубокие знания в области почвоведения и гидротехники с передовыми достижениями в сфере информационных технологий. Перспективы развития отрасли лежат в плоскости создания интеллектуальных систем управления, способных в автоматизированном режиме обеспечивать оптимальные условия для роста растений при минимальном воздействии на окружающую среду. Роль научного сообщества в этом процессе заключается в разработке верифицированных алгоритмов интерпретации данных дистанционного зондирования и создании единых методических стандартов цифровой мелиорации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Талалаева, В. Ф. Результаты оценки коэффициента полезного действия необлицованных мелиоративных каналов / В. Ф. Талалаева, О. А. Баев // Мелиорация и гидротехника. – 2025. – Т. 15, № 1. – С. 23–42.

2. Проблемы деградации, охраны и пути восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения / Н. Б. Хитров [и др.] // Вестник аграрной науки. – 2007. – Т. 9, № 6. – С. 29–32.

3. Разумов, В. В. Переувлажнение и подтопление земель в Северо-Западном регионе России / В. В. Разумов, Д. А. Шаповалов, Н. В. Разумова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – № 5. – С. 27–34.

4. Александровская, Л. А. Развитие процессов цифровизации в мелиоративной сфере: тенденции и перспективы / Л. А. Александровская // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2020. – № 4 (72). – С. 103–110.

5. Павлова, А. И. Применение вегетационных индексов для цифрового почвенного картографирования на основе космических снимков Sentinel-2 А. И. Павлова // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2021. – Т. 13, № 6. – С. 119–131.

6. Вторый, В. Ф. Перспективы экологического мониторинга сельскохозяйственных объектов с использованием беспилотных летательных аппаратов / В. Ф. Вторый, С. В. Вторый // АгроЭкоИнженерия. – 2017. – № 92. – С. 158–166.

7. Зверьков, М. С. Нормативные и методические аспекты и пример создания цифрового двойника гидромелиоративной системы с использованием данных дистанционного мониторинга / М. С. Зверьков, С. В. Брыль // International agricultural journal. – 2022. – № 3. – С. 24.

8. Ткачев, А. А. Современные проблемы в управлении водораспределением в магистральных каналах оросительных систем / А. А. Ткачев, И. В. Ольгаренко // Мелиорация и гидротехника. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 1–23.

9. Бойкова, М. В. Глобализация ресурсов пресной воды: инновационная стратегия управления / М. В. Бойкова, Д. Б. Крупникова // Форсайт. – 2010. – Т. 4, № 2. – С. 4–17.

10. Юрченко, И. Ф. Цифровизация мелиоративных агротехнологий: возможности, вызовы, перспективы, инновации / И. Ф. Юрченко // Мелиорация и гидротехника. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 141–156.

УДК 631.674:633.63

ОПТИМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

С. В. Набздоров, канд. с.-х. наук, доцент,
заведующий кафедрой мелиорации и водного хозяйства
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: орошение, сахарная свекла, оросительная норма, урожайность.

Аннотация. В статье приводятся результаты двухлетних исследований режимов орошения сахарной свеклы в условиях востока Беларуси. При исследовании трех режимов орошения опыт показал, что оптимальным уровнем увлажнения, при котором урожайность свеклы максимальная, является 70 % НВ.

Key words: irrigation, sugar beet, irrigation norm, yield.

Summary. The article presents the results of two summer studies of sugar beet irrigation regimes in the East of Belarus. In the study of three irrigation regimes, experience has shown that the optimal level of moisture, in which the maximum yield of beet is 70 % HB.

Климат Беларуси в основном благоприятен для получения высоких урожаев и качественной сахарной свеклы, однако погодные условия года оказывают значительное влияние на урожай и его качество.

Сахарная свекла является одной из эффективных продовольственных культур, используемых для производства сахара [1].

Наиболее пригодны для сахарной свеклы суглинистые почвы, в целом по республике на них размещается около 37 % пашни. Больше всего их в Витебской, Могилевской и Минской областях, очень мало в Брестской (8,7 %). Основная же площадь пахотных земель республики, включая основные зоны свеклосеяния Брестской и Гродненской областей, расположена на песчаных и супесчаных почвах.

Сахарная свекла – влаголюбивая культура. В развитии растений и водопотреблении выделяют 3 периода. Первый период от посева до начала усиленного роста ботвы, когда надземные органы развиты еще недостаточно, среднесуточный расход влаги составляет 25–30 м^3/га, а общий за период – 900–1100 м^3/га. Второй период характерен интенсивным ростом ботвы и корнеплода. Суммарный расход воды в сутки в это время достигает 40–65 м^3/га, а за весь период – 2 400–3 900 м^3/га. В течение третьего периода (со второй половины августа и до конца сентября), когда продолжается интенсивный рост корнеплода и происходит усиленное накопление питательного вещества и сахара, а ботва постепенно отмирает, среднесуточный расход влаги уменьшается до 10–15 м^3/га и общий за период составляет 300–500 м^3/га [2].

Так, исследованиями Опытной научной станции по сахарной свекле установлено: высокие урожаи корнеплодов (более 60 т/га) получали в годы, когда в летние месяцы выпадало максимальное количество осадков (280 мм при средней многолетней 216 мм) в сочетании с суммой среднесуточных температур воздуха, близкой к норме – 1 550 °С. Экстремально жаркая и сухая погода на протяжении июня, июля и августа (осадков около 100 мм, сумма температур воздуха 1 700–1 750 °С) снижала урожай корнеплодов до 28–30 т/га. Наивысшее содержание сахара в корнеплодах (19–20 %) характерно в годы с очень сухими сентябрем и октябрем (30–50 % осадков от нормы), а минимальное (15–16 %) – при очень влажной погоде в сентябре и октябре [3].

Возделывание сахарной свеклы в условиях орошения не проводилось в Республики Беларусь.

В связи с этим возникла необходимость изучения режима орошения сахарной свеклы.

Одним из приоритетных направлений в решении вопроса является эффективное использование оросительной воды, и обосновать оптимальные режимы орошения, обеспечивающие стабильную высокую урожайность сахарной свеклы в условиях востока Беларуси.

Схема опыта:

Вариант 1 – Поддержание влажности почвы в слое 0–40 см при нижней границе регулирования 80 % НВ.

Вариант 2 – Поддержание влажности почвы в слое 0–40 см при нижней границе регулирования 70 % НВ.

Вариант 3 – Поддержание влажности почвы в слое 0–40 см при нижней границе регулирования 60 % НВ.

Вариант 4 – Без орошения.

Для опытов использован районированный сорт сахарной свеклы – Белполь односемянная. Сорт включен в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород с 2015 года. С 2016 года гибрид Белполь включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по ЦЧЗ Российской Федерации (№ 62756/8654401) [4–8].

На варианте 4 количество влаги зависело только от выпадения атмосферных осадков, а остальные варианты дополнительно орошались широкозахватной дождевальной машиной Linsday-Europe Omega «Zimmatik». Урожайность, оросительные нормы и суммарное водопотребление существенно варьировали по годам в зависимости от погодных условий, и уровней увлажнения. Вегетационный период сахарной свеклы по обеспеченности осадками характеризовался как средневлажный. Режим орошения не изменялся по годам исследований. Результаты опытов по изучению режимов орошения сахарной свеклы представлены в таблице.

Урожайность сахарной свеклы и расход оросительной воды в среднем за два года

Вариант	Оросительная норма, $м^3$/га	Урожайность, т/га	Расход воды на создание единицы урожая, $м^3$/т
1	750	93,05	8,06
2	600	98,95	6,06
3	300	72,95	4,11
4	0	56,35	0

Поддержание влажности почвы на первом варианте в пределах 80 % НВ обеспечивалось проведением 3 вегетационных поливов расчетной поливной нормой 250 $м^3$/га. Урожайность сахарной свеклы на этом варианте была не самая высокая и по годам исследований находилась в пределах 98,7–87,4 т/га.

Поддержание влажности почвы в пределах 70 % НВ позволило увеличить поливную норму до 300 $м^3$/га. Величина оросительной нормы по годам исследований составила 600 $м^3$/га. Урожайность на этом варианте была выше по сравнению с первым вариантом на 6,6–6,1 % и составила в среднем 105,2–92,7 т/га.

Поддержание влажности на третьем варианте в пределах 60 % НВ поливная норма составила 300 $м^3$/га. Оросительная норма по годам исследований была одинаковая и составила 300 $м^3$/га.

Урожайность сахарной свеклы на третьем варианте уменьшилась на 31,5 % и 20,4 % по сравнению со вторым вариантом и составила по годам исследований 72,1 т/га и 73,8 т/га [4–8].

Анализ полученных результатов позволил установить, что в условиях орошения на варианте 2 урожайность была максимальная по все годам, и позволило эффективно использовать оросительную воду [4–8].

Заключение. Порог влажности корнеобитаемого слоя почвы, ниже которого наблюдается недостаток воды, сопровождающийся, значительным снижением урожайности, находится в пределах ниже 60 % НВ и на варианте без орошения. Урожайность свеклы растет при поддержании влажности почвы в пределах – 70 % НВ.

Урожайность свеклы снижается, когда влажность почвы 80 % НВ, вследствие нехватки кислорода для дыхания корней. Кроме того, при переувлажнении почвы могут развиваться болезни корнеплодов различной этиологии (грибковые и бактериальные гнили).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вострухин, Н. П. Мониторинг динамики формирования урожайности и качества сахарной свеклы в Беларуси за 1966–2011 годы / Н. П. Вострухин, М. И. Гуляка; НПЦ НАН Беларуси по земледелию, РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле». – Несвиж, 2013. – 68 с.

2. Вострухин, Н. П. Сахарная свекла / Н. П. Вострухин. – Мн.: МФЦП, 2005. – 392 с.

3. Вострухин, Н. П. Сахарная свекла / Н. П. Вострухин. – Мн.: МФЦП, 2011. – 384 с.

4. Набздоров, С. В. Опыт возделывания сахарной свеклы при орошении в условиях Республики Беларусь / С. В. Набздоров // Комплексный подход к научно-

техническому обеспечению сельского хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Рязань: изд-во Рязанского агротехнологического института, 2019. – С. 550–556.

5. Набздоров, С. В. Влияние орошения на рост, развитие и урожайность сахарной свеклы / С. В. Набздоров // Мелиорация. – 2019. – № 4 (90). – С. 66–73.

6. Набздоров, С. В. Динамика роста и урожай сахарной свеклы, возделываемой при разных режимах влагообеспеченности на суглинистых почвах в условиях востока Беларуси / С. В. Набздоров // Вестник БГСХА. – 2020. – № 1. – С. 140–144.

7. Набздоров, С. В. Влияние удобрений и орошения на динамику роста и урожайность сахарной свеклы / С. В. Набздоров // Мелиорация. – Мн., 2020. – № 2 (92). – С. 48–57.

8. Набздоров, С. В. Зависимость динамики роста корнеплодов сахарной свеклы от удобрительного фона и орошения / С. В. Набздоров // Земледелие и растениеводство. – 2020. – № 6 (133). – С. 28–32.

УДК 631.6

ВЛИЯНИЕ УСКОРЕННОГО СНЕГОТАЯНИЯ НА СРОКИ ПОСЕВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ

А. А. Николаев, аспирант
П. Е. Максимов, аспирант
ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники
и мелиорации имени А. Н. Костякова»,
г. Москва, Российская Федерация

М. И. Лоскин, д-р техн. наук
ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»,
ФГБОУ ВО «Арктический агротехнологический университет»,
г. Якутск, Российская Федерация

Ключевые слова: снеготаяние, температура почвы, сроки посева, зачернение снега.

Аннотация. В статье рассматривается, и в качестве технологически доступного метода для ускоренного снеготаяния предлагается применение метода зачернения снежного покрова, который может способствовать ускоренному прогреванию почвы, увеличению вегетационного периода сельскохозяйственных культур в Якутии.

Keywords: snowmelt, soil temperature, sowing time, snow blackening

Summary. The article considers the use of snow cover blackening as a technologically accessible method for accelerating snowmelt, which may contribute to faster soil warming and an increase in the growing season of agricultural crops in Yakutia.

Введение. Территория Республика Саха (Якутия) характеризуется резко континентальным климатом, который отличается продолжительной холодной зимой и коротким теплым летом. Амплитуда температур воздуха в течение года является одной из наиболее высоких в мире. В зимний период температура воздуха может понижаться до −45…−50 °С, тогда как летом она может повышаться до +30 °С. Продолжительная зима способствует формированию устойчивого снежного покрова, который сохраняется на протяжении 6–7 месяцев. Толщина снежного покрова может достигать 30–60 см, в отдельных районах до 70–90 см. Поздний сход снежного покрова оказывает значительное влияние на сроки прогревания почвы и начало проведения сельскохозяйственных работ. Физические свойства снежного покрова, включая его плотность, структуру и отражательную способность, определяют особенности процессов снеготаяния и формирования снегозапасов [3]. В условиях короткого вегетационного периода своевременное проведение посевных работ имеет особое значение для получения устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Посев культур должен проводиться в оптимальные агротехнические сроки, которые определяются температурой почвы и водно-тепловым режимом почв. Согласно основам мелиорации, эффективность сельскохозяйственного производства определяется водным и тепловым режимом почв, которые оказывают непосредственное влияние на рост и развитие растений [2], на которые оказывает свое влияние происходящее по всей планете потепление климата [4]. В связи с этим, исследование влияния различных способов и методов, влияющих на изменение сроков посева сельскохозяйственных культур в условиях короткого вегетационного периода является актуальной задачей.

Целью исследований является рассмотрение способа зачернения снежного покрова, как одного из способов ускоренного снеготаяния для прогревания почвы в условиях резко континентального климата Якутии.

Результаты исследований. В условиях северных регионов получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур существенно ограничены климатическими условиями и коротким вегетационным периодом. Для получения устойчивых урожаев необходимо проводить посев в оптимальные агротехнические сроки. Климатические условия Якутии позволяют выделить несколько сроков посева сельскохозяйственных культур [7]:

– ранний, третья декада мая – начало июня;

– средний, первая – вторая декада июня;

– поздний, третья декада июня.

Более ранний посев позволяет растениям эффективнее использовать короткий вегетационный период северных регионов и способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур [6]. Начало посевных работ определяется температурой почвы на глубине заделки семян. Для большинства сельскохозяйственных культур минимальная температура почвы должна составлять от 5 до 10 °С (5–7 °С для яровой пшеницы, 6–8 °С для многолетних и 8–10 °С для однолетних трав) [2].

В условиях Якутии наличие многолетнемерзлых пород обуславливает значительные затраты тепловой энергии на процессы оттаивания, что существенно замедляет прогрев верхнего слоя почвы в весенний период. Результаты исследований, проведенных П. П. Гаврильевым и М. И. Лоскиным в 1970-х и 2020-х гг. в Центральной Якутии, показывают увеличение вегетационного периода луговых трав за последние 50 лет на 8–10 суток, слоя сезонного оттаивания до 20 см, повышение температуры деятельного слоя почвы от 3 до 9 °С [1, 4]. При этом наивысшие температуры прогревания почвы наблюдаются в июне-июле, минимальные в мае, что связано с сохранением влияния снежного покрова и процессов оттаивания мерзлого слоя почвы.

Увеличение продолжительности вегетационного периода в условиях климатического потепления оказывает неоднозначное влияние на сельскохозяйственное производство в условиях резко континентального климата. С одной стороны, возрастает сумма активных температур и увеличивается продолжительность периода роста растений, что создает предпосылки для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. С другой стороны, в условиях распространения многолетнемерзлых пород прогрев почвы в весенний период по-прежнему остается ограниченным вследствие значительных затрат тепла на процессы оттаивания. В результате сроки начала посевных работ существенно не смещаются, несмотря на общее увеличение продолжительности вегетационного периода.

Для ускорения процессов снеготаяния и более раннего прогревания почвы могут применяться различные агромелиоративные приемы, направленные на изменение теплофизических свойств снежного покрова. Одним из технологически доступных методов является зачернение снежного покрова, основанное на снижении его отражательной способности (альбедо). Данный метод основан на снижении отража-

тельной способности снежной поверхности. Чистый снежный покров обладает высокой отражательной способностью и отражает значительную часть солнечной радиации, что существенно влияет на скорость процессов снеготаяния. При нанесении темного материала (песок, зола, торф и др.) на поверхность снега происходит снижение альбедо поверхности, что способствует увеличению поглощения солнечной энергии и ускорению процессов снеготаяния. Данный способ, как превентивный противопаводковый метод для ослабления прочности льда на реках, в последние годы активно используется в Северо-Восточной части России. Применение данного способа регламентируется соответствующими нормативными методическими документами гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций [8].

Заключение. Таким образом, на наш взгляд, снежный покров оказывает существенное влияние на сроки проведения сельскохозяйственных работ в условиях резко континентального климата и является одним из факторов, ограничивающих начало посевных работ. Поздний сход снежного покрова приводит к задержке прогревания почвы и смещению сроков посева сельскохозяйственных культур. Применение метода зачернения снежного покрова может способствовать ускорению процессов снеготаяния за счет снижения отражательной способности поверхности, более раннему прогреванию почвы, увеличению продолжительности вегетационного периода сельскохозяйственных культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврильев, П. П. Лиманное орошение лугов в Центральной Якутии / П. П. Гаврильев, А. А. Мандаров. – Новосибирск: Новосибирское отделение издательства «Наука», 1976. – 165 с.

2. Костяков, А. Н. Основы мелиораций / А. Н. Костяков. – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.

3. Кузьмин, П. П. Формирование снежного покрова и методы определения снегозапасов / П. П. Кузьмин. – Л.: Гидрометеоиздат, 1960. – 171 с.

4. Лоскин, М. И. Развитие сельскохозяйственных мелиораций и повышение водообеспеченности в условиях многолетней мерзлоты при глобальном изменении климата в Республике Саха (Якутия): дис. … д-ра техн. наук / Лоскин Михаил Иванович, 2024. – 331 с.

5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник / Б. А. Доспехов. – Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – М.: Альянс, 2011. – 350 с.

6. Пестерева, Е. С. Оптимальные сроки посева однолетних культур для производства «сенажа в упаковке» в условиях Центральной Якутии / Е. С. Пестерева, С. А. Павлова // Молочное и мясное скотоводство. – 2018. – № 7. – С. 38–40.

7. Сроки посева кормовых культур для производства сенажа в условиях Центральной Якутии / Е. С. Пестерева, С. А. Павлова, Г. Е. Захарова [и др.] // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2022. – № 1 (198). – С. 3–9.

8. Раздел 4. Методы искусственного ослабления льда // Методические рекомендации по предотвращению образования ледовых заторов на реках Российской Федерации и борьбе с ними. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2004. – С. 63–72.

УДК 631.6

ЗАЩИТА ОТ НАВОДНЕНИЙ: КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ И НАСЕЛЕНИЯ

В. А. Пащенко, студент
Л. М. Болдырева, канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»,
г. Краснодар, Российская Федерация

Ключевые слова: наводнение, перелив, защита населения, гидротехнические сооружения, дамбы, прогнозирование, эвакуация, инженерная защита.

Аннотация. В статье рассматриваются современные методы защиты от наводнений, в том числе инженерно-технические сооружения, организационные меры и правила поведения для населения. На основе анализа специализированной литературы в статье представлен комплексный подход к решению проблемы, который сочетает в себе превентивные меры, оперативное реагирование и минимизацию последствий наводнений.

Keywords: flood, overflow, population protection, hydraulic structures, dams, forecasting, evacuation, engineering protection.

Summary. The article discusses modern methods of flood protection, including engineering structures, organizational measures, and rules of conduct for the population. Based on the analysis of specialized literature, the article presents a comprehensive approach to solving the problem, which combines preventive measures, prompt response, and minimization of the consequences of floods.

Наводнения – одно из самых распространенных и опасных природных явлений, наносящее значительный материальный ущерб и представляющее угрозу для жизни и здоровья людей. Наводнением считается значительное затопление территории из-за повышения уровня воды в реке, озере или море, которое может быть вызвано различными факторами [4]. Актуальность защиты от наводнений обусловлена частотой таких явлений и растущей тяжестью их последствий из-за расширения пойменных территорий и изменения климата [3].

Чтобы обеспечить эффективную защиту, необходимо понимать природу наводнений. В зависимости от причин возникновения специалисты выделяют несколько типов наводнений. Половодье – это значительное и продолжительное повышение уровня воды, которое происходит ежегодно в одно и то же время года и вызвано весенним таянием снега на равнинах или летним таянием ледников в горах [1]. В отличие от половодья, ливневые паводки возникают внезапно и не имеют четкой периодичности. Они вызваны обильными осадками, сильными ливнями, а иногда и таянием снега [5].

К особой группе относятся заторные и нагонные наводнения. Заторные наводнения образуются весной, когда вскрываются реки и скопление льда создает препятствие для течения воды. Нагонные наводнения характерны для начала зимы и связаны со скоплением рыхлого ледяного материала. В устьях крупных рек и на морских побережьях возникают штормовые нагоны, когда уровень воды поднимается на несколько метров из-за сильного ветра. Отдельно выделяют наводнения, вызванные прорывом дамб или гидротехнических сооружений [4].

Защита от наводнений традиционно основывается на строительстве гидротехнических сооружений. Самый распространенный метод – возведение дамб и насыпей, которые создают механический барьер для потока воды. Эти сооружения проектируются с учетом ожидаемого уровня воды и гидрологических характеристик местности [2].

Речной сток регулируется водохранилищами, которые могут накапливать избыток воды во время паводков и разливов и сбрасывать ее в безопасные периоды. Как отмечается в литературе, водохранилища гидроэлектростанций могут перехватывать значительную часть паводковых вод, снижая пиковые нагрузки на нижележащие участки реки.

Важны меры по увеличению пропускной способности русел рек: расчистка, углубление дна, выпрямление излучин, удаление наносов и растительности. Каналы и сооружения для пропуска паводковых вод позволяют отводить излишки воды в безопасные места.

В городах и на промышленных объектах применяется локальная защита зданий: гидроизоляция фундаментов, установка защитных экранов на окнах и входах в подвальные помещения, а также устройство дренажных систем, предотвращающих затопление. Примером комплексного инженерного решения является Комплекс защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений, в который входят дамбы, водопропускные и судопропускные сооружения, доказавшие свою эффективность за десятилетие эксплуатации [2].

Современная концепция защиты от наводнений основана на необходимости сочетания инженерных и организационных методов. Решающее значение имеет прогнозирование на основе гидрометеорологических наблюдений, данных о запасах снега, интенсивности осадков и вскрытии рек. Раннее прогнозирование позволяет оценить потенциальный масштаб бедствия и подготовиться к нему.

Планирование включает в себя разработку схем территориальной защиты, зонирование пойменных земель, выявление территорий, подверженных затоплению, а также ограничение хозяйственной деятельности в наиболее опасных районах. Важным компонентом является создание систем оповещения населения и регулярные учения [5].

Эвакуация людей и материальных ценностей остается самым надежным способом сохранить жизни в случае прорыва защитных сооружений или катастрофических наводнений. Для этого заранее определяются маршруты и способы эвакуации, создаются пункты временного размещения, а также запасы средств индивидуальной защиты, продуктов питания и предметов первой необходимости [4].

Анализ учебной литературы позволяет систематизировать правила поведения для населения. При получении заблаговременного предупреждения о наводнении необходимо отключить газ, воду и электричество, перенести ценные вещи и продукты на верхние этажи или чердаки, закрыть окна и двери [5]. При получении сигнала об эвакуации необходимо собрать документы, теплую одежду, еду и воду и следовать к месту сбора эвакуируемых [4].

Внезапное наводнение требует быстрых действий: нужно занять ближайшее возвышенное место и подавать сигналы бедствия. Не ре-

комендуется входить в воду без крайней необходимости. Если вода застала вас в поле или в лесу, нужно идти на возвышенность, избегая оврагов и низин. В случае вынужденной эвакуации вплавь используйте подручные средства – бревна, надувные предметы, камеры.

После того как вода сойдет, важно принять меры предосторожности: не пользоваться поврежденными электроприборами, не употреблять в пищу продукты, контактировавшие с паводковыми водами, и убедиться, что конструкции дома не повреждены, прежде чем заходить внутрь.

Проблема защиты от наводнений требует комплексного подхода, сочетающего в себе инженерные, организационные и просветительские меры. Исследования показывают, что опора исключительно на гидротехнические сооружения не может обеспечить удовлетворительное решение проблемы, поэтому необходимо использовать различные подходы [3]. Эффективная защита может быть обеспечена за счет превентивных мер, совершенствования систем прогнозирования и оповещения, а также просвещения населения в вопросах безопасного поведения. Перспективным подходом является внедрение адаптивных стратегий, учитывающих меняющиеся климатические условия и позволяющих минимизировать ущерб от наводнений, сохраняя при этом естественное функционирование речных экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпова, Е. П. Материалы для занятий по теме «Опасные природные явления». Гидрологические опасные явления. Наводнения / Е. П. Карпова // Актуальные проблемы педагогики и психологии. – 2024. – С. 51–60.

2. Моносов, Л. М. Схватка с волной / Л. М. Моносов, В. И. Попов, Д. А. Другачук. – Чебоксары: Среда, 2022. – 124 с.

3. Подольский, С. А. Комплексный подход к решению проблемы наводнений в бассейне Амура / С. А. Подольский // Вестник РАН. – 2025. – № 8.

4. Смирнов, А. Т. Основы безопасности жизнедеятельности. 8-й класс / А. Т. Смирнов, Б. О. Хренников. – М.: Просвещение, 2012. – 224 с.

5. Основы безопасности жизнедеятельности. 7-й класс / М. П. Фролов, Е. Н. Литвинов, А. Т. Смирнов [и др.]; под ред. Ю. Л. Воробьева. – 2-е изд. – М.: АСТ: Астрель, 2010. – 143 с.

УДК 631.4 + 631.95

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Х. Е. Кесафоти, ассистент
И. А. Приходько, канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой строительства
и эксплуатации водохозяйственных объектов
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»,
г. Краснодар, Российская Федерация

Ключевые слова: мелиорируемые земли, орошение, опустынивание, государственная программа «Земля», ГИС, геосинтетические материалы, концессии, эффективность использования.

Аннотация. В статье представлен комплексный анализ состояния мелиорируемых земель Российской Федерации. Рассмотрены ключевые проблемы отрасли: простой мощностей, бесхозяйность систем, опустынивание и экономическая непривлекательность орошения для агробизнеса. На основе данных государственных программ и ведомственной статистики определены перспективные направления развития: цифровизация, внедрение ресурсосберегающих технологий (геосинтетика, точное орошение) и новые организационно-правовые формы (концессии). Сделан вывод о необходимости перехода от экстенсивного восстановления к экономически эффективному менеджменту мелиоративного комплекса.

Keywords: reclaimed land, irrigation, desertification, state program "Land," GIS, geosynthetics, concessions, land use efficiency.

Summary. This article presents a comprehensive analysis of the state of reclaimed land in the Russian Federation. Key challenges facing the sector are discussed: capacity downtime, system abandonment, desertification, and the economic unattractiveness of irrigation for agribusiness. Based on data from state programs and departmental statistics, promising development areas are identified: digitalization, the introduction of resource-saving technologies (geosynthetics, precision irrigation), and new organizational and legal forms (concessions). A conclusion is drawn regarding the need to transition from extensive restoration to cost-effective management of the reclamation complex.

Введение. Мелиорация земель в условиях глобальных климатических изменений приобретает статус не просто агротехнического приема, а стратегического фактора национальной продовольственной безопасности. По заявлению Министерства сельского хозяйства РФ, мелиорация рассматривается как «стратегический ответ на климатические вызовы» [1].

Однако на текущем этапе развития отрасли наблюдается выраженный диссонанс: с одной стороны, государство наращивает финансирование (12,7 млрд руб. в 2026 г.) и ставит амбициозные цели по вводу земель, с другой – значительная часть уже восстановленных систем простаивает, а сами мелиорируемые массивы приобретают статус бесхозяйных. Цель настоящей работы – систематизировать данные о современном состоянии фонда мелиорируемых земель РФ и определить векторы их эффективного использования до 2030–2031 гг.

Материалы и методы исследований. Теоретической базой послужили открытые данные Министерства сельского хозяйства РФ, аналитические отчеты программы «Земля», материалы РАН по проблемам опустынивания, а также региональные кейсы (Республика Бурятия, Астраханская область). В работе использованы методы системного анализа, сравнительно-сопоставительный метод и метод экстраполяции плановых показателей.

Результаты исследований и их обсуждение.

1. Современное состояние мелиорируемых земель.

По состоянию на 2025–2026 гг. общая площадь мелиорированных сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации составляет 9,4 млн га. При этом фактически используется лишь 6,9 млн га (73,7 %). Около 2,5 млн га являются неиспользуемым резервом, что свидетельствует о низкой эффективности эксплуатации ранее созданной инфраструктуры [1].

Особую тревогу вызывает ситуация в орошаемом земледелии. Потенциальная площадь орошаемых земель оценивается в 4,7 млн га, однако реально орошается только 1,2 млн га. Столь низкий коэффициент использования связан с высокими эксплуатационными затратами и дефицитом квалифицированных кадров в хозяйствах [2].

Катастрофический характер приобретает процесс опустынивания. По данным Российской академии наук, 10 млн га земель сельхозназначения находятся в высокой степени деградации, из них 3,3 млн га уже полностью опустынены (Республика Калмыкия, Астраханская область, Дагестан, Ростовская область) [3].

2. Феномен «рецидива неиспользования» и бесхозяйные земли.

Ключевым негативным трендом, выявленным в ходе исследования, является возврат восстановленных земель в запустение. Так, в Республике Бурятия из потенциальных 178 тыс. га мелиорируемых мощностей реально функционирует менее половины (82 тыс. га). Хозяйства сознательно отказываются от полива даже при наличии восстановленных систем, что нивелирует бюджетные вложения [2].

Аналогичные процессы фиксируются и в Республике Беларусь: после прокурорских предписаний и ремонта мелиоративной системы площадью 146 га, через год фактически использовалось лишь 10 га [4].

Длительное неиспользование мелиорируемых земель ведет к негативным изменениям их состояния: заболачиванию, вторичному засолению, эрозии. В результате земли утрачивают собственника и переходят в категорию бесхозяйных. Разработана классификация таких земель, однако правовой механизм их вовлечения в оборот до сих пор находится в стадии формирования [5].

3. Перспективы и программные целевые показатели.

В соответствии с паспортом государственной программы «Земля», к 2031 году планируется ввести в сельскохозяйственный оборот 13,2 млн га угодий, из которых 3,1 млн га будут обеспечены именно мелиоративными мероприятиями [1].

К 2030 году площадь орошаемых земель, обслуживаемых федеральными мелиоративными системами, должна достигнуть 1,3 млн га (рост с текущих 830 тыс. га). Финансирование программы сохраняется на стабильно высоком уровне: в 2022–2024 гг. выделено 22,6 млрд руб., в проекте бюджета на 2026 г. заложено 12,7 млрд руб. (рост к 2025 г. на 1,8 млрд руб.) [1].

4. Технологические и институциональные инновации.

Цифровизация. Все мелиоративные системы внесены в единую ГИС земель сельскохозяйственного назначения. Система позволяет в режиме реального времени отслеживать факт использования мелиорируемых участков и эффективность водопользования. Цифровизация названа ключевым инструментом обеспечения прозрачности отрасли [1].

Ресурсосбережение. Наиболее перспективной технологией признано применение геосинтетических экранов при строительстве и реконструкции каналов. Испытания показали снижение фильтрационных потерь воды в 300 раз при росте пропускной способности на 77 %. В масштабах страны это позволяет экономить до 2,2 млрд куб. м воды

ежегодно [3]. Вторым направлением является внедрение систем точного орошения и капельного полива.

Концессии. В условиях ограниченности бюджетных средств запущен пилотный проект концессионного соглашения в Астраханской области. Предполагается, что частный инвестор проведет ремонт федеральных мелиоративных систем за свой счет с последующей компенсацией и правом эксплуатации [1].

5. Сдерживающие факторы.

Несмотря на позитивные сдвиги, сохраняются системные ограничения:

Экономический фактор: орошение остается дорогостоящей технологией. Пока стоимость поливной воды и обслуживания систем превышает риски потери урожая в богарных условиях, бизнес будет избегать мелиорации [2];

Институциональный фактор: наличие значительного массива бесхозяйных земель и отсутствие действенных механизмов принуждения собственников к их использованию либо изъятия;

Кадровый фактор: дефицит специалистов-мелиораторов на уровне хозяйств.

Заключение. Проведенный анализ позволяет утверждать, что российский мелиоративный комплекс находится в переходной фазе: от экстенсивного восстановления утраченных мощностей к интенсивному эффективному менеджменту.

Текущее состояние характеризуется дуализмом: при формальном росте финансирования и площадей восстановленных систем, реальное использование мелиорируемых земель остается недопустимо низким (используется лишь 73 % фонда, в орошении — 25 % потенциала).

Критическим риском является образование бесхозяйных земель и повторное запустение восстановленных участков. Без внедрения экономических стимулов (а не только административных санкций) этот риск будет нарастать.

Перспективы связаны с внедрением технологий водо- и энергосбережения (геосинтетика, капельное орошение), цифровизацией учета и привлечением частных инвестиций через концессионные соглашения.

Целевой ориентир к 2030–2031 гг. – достижение площади фактического орошения в 1,3 млн га и ввод 3,1 млн га мелиорируемых земель возможен только при условии синхронизации бюджетных вливаний с созданием экономически привлекательных условий для агробизнеса.

Благодарности. Автор выражает признательность профильным департаментам Минсельхоза РФ и научным коллективам РАН за открытость данных по проблемам деградации земель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Итоги реализации государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса «Земля» за 2022–2024 гг. и плановые показатели до 2031 года. – М., 2025.

2. Официальный портал органов государственной власти Республики Бурятия. Аналитическая записка «О состоянии мелиорируемых земель и отказе хозяйств от использования оросительных систем». – Улан-Удэ, 2025.

3. Российская академия наук. Доклад «Опустынивание и деградация земель Российской Федерации: масштабы, прогноз, меры борьбы». – М.: РАН, 2024.

4. Прокуратура Республики Беларусь. Информация о результатах надзорной деятельности в сфере использования мелиорированных земель (анализ рецидивов неиспользования). – Минск, 2025.

5. Классификация и механизмы вовлечения в оборот бесхозяйных мелиорируемых земель: аналитический обзор / под ред. А. И. Мальцева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2025. – № 3. – С. 12–19.

УДК 631.67:631.22.018

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМИ СТОКАМИ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Т. Н. Ткачёва, канд. с.-х. наук, ст. преподаватель
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: животноводческие стоки, окружающая среда, загрязнение почв, поверхностные воды, орошение.

Аннотация. В статье освещены вопросы влияния длительного орошения животноводческими стоками на поверхностные и подземные воды. Показан результат многолетних исследований экологической ситуации прилегающей территории к животноводческому комплексу «Заднепровский». Предложены мероприятия для улучшения экологической ситуации на агроэкосистеме.

Key words: livestock waste, environment, soil pollution, surface water, irrigation.

Summary. The article highlights the impact of prolonged irrigation with livestock runoff on surface and groundwater. The result of many years of research on the environmental situation of the adjacent territory to the Zadneprovsky livestock complex is shown. Measures are proposed to improve the environmental situation on the agroecosystem.

На прилегающих к крупным комплексам территориях Республики Беларусь отмечается загрязнение почв, поверхностных и грунтовых вод [1]. Последствия загрязнения не всегда проявляются сразу. Именно поэтому в настоящее время ученые интенсивно ищут способы своевременной косвенной индикации загрязнения в самые начальные его моменты [2]. Несмотря на то, что на крупных свиноводческих комплексах Беларуси существует система эколого-гигиенического контроля, в основе которой лежат нормы технологического проектирования систем удаления, обработки, обеззараживания, хранения, подготовки навоза и использования стоков, мероприятия по охране окружающей среды остаются актуальными [3]. Особенно это относится к комплексам, построенным и функционирующим более 30 лет. Длительное функционирование свиноводческих комплексов даже при соблюдении всех технологических норм может вызывать существенные изменения в природной среде, поэтому изучение воздействия орошения свиноводческими стоками на окружающую среду – актуальная задача.

Исследования проводили в 2002–2004 гг. и в 2017 г. на территории СГЦ «Заднепровский» Оршанского района Витебской области Республики Беларусь, который введен в эксплуатацию в 1985 г. и рассчитан на выращивание и откорм 54 тыс. гол. свиней в год. На землях комплекса была запроектирована и построена оросительная система на площади 1 199 га для утилизации навозных стоков объемом до 500 тыс. $м^3$ в год.

Наиболее уязвимыми к загрязнению являются поверхностные водоисточники. В течение 2003; 2004 гг.; 2007–2009 гг.; 2017 г. для оценки химического состава поверхностных вод на территории СГЦ «Заднепровский» Оршанской межрайонной лабораторией аналитического контроля было отобрано 24 пробы и выполнено 14 определений по гидрохимическим и гидробиологическим показателям. Отбор проб производился в летние периоды. Пунктами наблюдений мониторинга поверхностных вод были выбраны четыре точки, находящиеся на территории СГЦ «Заднепровский»: точка 1 – ручей Хотынь, в него стекают дренажные воды с оросительной системы; точка 2 – сброс вод с технологического водохранилища Савищино в р. Крапивенку, водохранилище принимает бытовые и сточные воды предприятия; точки 3 и 4 – р. Крапивенка, 500 м выше и ниже сброса вод из водохранилища Савищино.

В отобранных пробах были определены: БПК5 (биохимическое потребление кислорода), нефтепродукты, взвешенные вещества, сухой остаток, сульфаты, хлориды, азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный, СПАВ, pH, фосфор фосфатный, а также железо общее и растворенный кислород.

В 2003 г. значения БПК5 превышали нормативные показатели. В р. Крапивенка в 500 м выше впадения вод из технологического водохранилища Савищино (точка 3) БПК5 составило 4,6 мг/дм^3, в точке 4 (500 м ниже впадения) – 3,3 мг/дм^3 при норме 2,26 мг/дм^3, т. е. на 2,34 и 1,04 мг/дм^3 выше допустимого уровня соответственно. В 2004 г. также наблюдалось увеличение показателя БПК5 в точках 3 и 4, но по сравнению с 2003 г. в 3 точке БПК5 составило 3,0 мг/дм^3, а в точке 4 его значение увеличилось до 3,6 мг/дм^3. Помимо БПК, в 2004 году превысили допустимые значения содержание в воде азота аммонийного, нитратного и нитритного. Так, на выходе из водохранилища Савищино (точка 2) нитритный азот составил 2,0 мг/дм^3. В точке 3 были зафиксированы превышения по азоту нитратному и нитритному, их значения составили 12,1 и 0,024 мг/дм^3 при нормативных показателях 9,1 и 0,02 мг/дм^3.

Более благополучными были 2007 и 2008 гг. В этот период было зафиксировано превышение в точке 3 по азоту аммонийному. В 2009 г. БПК5 превысило нормативное значение на 0,1 мг/дм^3 и составило 2,2 мг/дм^3. 2017 г. был самым неблагополучным по сравнению с предыдущими годами. В точке 3 азот аммонийный составил 0,421 мг/дм^3 при норме 0,39 мг/дм^3, азот нитритный – 0, 025 мг/дм^3 при ПДК – 0,024 мг/дм^3, фосфор фосфатный 0,132 мг/дм^3 при норме 0,066 мг/дм^3. В точке 4 азот аммонийный составил 0,467 мг/дм^3, азот нитритный – 0,029 мг/дм^3 и фосфор фосфатный – 0,147 мг/дм^3. Остальные определяемые вещества находились в пределах нормы. Результаты исследований показывают, что с годами экологическая ситуация ухудшилась, наблюдалось загрязнение поверхностных вод в р. Крапивенка выше 500 м технологического водохранилища Савищино по азоту аммонийным на 7,95 %, азоту нитритному на 4,17% и фосфору фосфатному на 100 % по сравнению с допустимыми значениями. Ниже на 500 м технологического водохранилища Савищино азот аммонийный увеличился на 19,74 %, азот нитритный на 20,83 % и фосфор фосфатный на 122,7 % по сравнению с допустимым уровнем. Это связано с нарушением технологического регламента хранения и сброса свиноводческих стоков на территории СГЦ «Заднепровский».

Многолетние исследования показали, что экологическая ситуация прилегающей территории, находящейся в непосредственной близости

к СГЦ «Заднепровский», существенно ухудшилась за 35-летний период функционирования комплекса. В поверхностных водах р. Крапивенка наблюдается значительное превышение по БПК 5, азоту аммонийному, нитратному, нитритному, фосфору фосфатному, что связано с нарушением технологического регламента хранения и сброса свиноводческих стоков и не соблюдения зоны санитарной охраны.

Результаты химических анализов по скважинам для питьевого водоснабжения глубиной от 80 до 230 м, находящихся на территории комплекса, не выявили существенного загрязнения подземных вод благодаря наличию локальных водоупоров, препятствующих миграции загрязнителей в водоносные горизонты.

Для улучшения экологической ситуации, в первую очередь, требуется обеспечить водоохранные мероприятия на реке Крапивенка, запретить сбросы из технологического водохранилища Савищино в поверхностные водные объекты и ужесточить мероприятия по хранению подготовленных для орошения свиноводческих стоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние орошения сточными водами свиноводческих комплексов на биогенное загрязнение грунтовых вод / А. А. Волчек, О. Е. Чезлова, М. М. Дашкевич [и др.] // Мелиорация. – 2017. – № 2 (80). – С. 51–58.

2. Комарова, Л. Г. Геоэкология и природопользование / Н. Г. Комарова. – Мн.: Академия, 2000. – 192 с.

3.Челноков, А. А. Экологические проблемы Республики Беларусь и пути их решения / А. А. Челноков. – Мн.: Высш. шк., 2000. – 247 с.

УДК 631.67

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ И ДОЖДЕВАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Н. Г. Тришина, студентка
А. Ф. Бельц, канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»,
г. Краснодар, Российская Федерация

Ключевые слова: капельное орошение, дождевание, овощные культуры, эффективность использования воды, урожайность, внесение удобрений, экономическая эффективность и режимы орошения.

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ эффективности капельного и дождевального орошения при выращивании овощных культур на основе обобщения данных научных исследований за период с 2017 по 2025 г. Обсуждаются ключевые аспекты применения этих методов, в том числе расход воды, урожайность, агротехнические особенности и экономическая эффективность. Был сделан вывод, что капельное орошение позволяет экономить до 30–40 % воды и повышает урожайность, в то время как дождевание по-прежнему актуально для больших площадей из-за мобильности оборудования.

Keywords: drip irrigation, sprinkler irrigation, vegetable crops, water efficiency, yield, fertilizer application, economic efficiency, and irrigation regimes.

Summary. The article presents a comparative analysis of the effectiveness of drip and sprinkler irrigation in the cultivation of vegetable crops, based on a synthesis of scientific research data from 2017 to 2025. The key aspects of these methods, including water consumption, yield, agronomic features, and economic efficiency, are discussed. It is concluded that drip irrigation can save up to 30–40 % of water and increase yield, while sprinkler irrigation remains relevant for large areas due to the mobility of equipment.

Основное различие между этими двумя методами заключается в механизме подачи воды. При дождевании вода распределяется по всему полю, имитируя естественные осадки, а при капельном орошении влага подается непосредственно в корневую зону растений [2, 5].

Таблица 1. **Сравнение водопотребления**

Параметр	Капельное орошение	Дождевание
Коэффициент водопотребления (WUE)	90–95 %	75 %
Потери на испарение	Минимальные (подача под корень)	Высокие (до 25 % при ветре)
Риск поверхностного стока	Низкий	Средний/Высокий
Оросительная норма (на примере томатов)	2 800–3 500 $м^3$/га	4 400–5 100 $м^3$/га

Как видно из таблицы, при капельном орошении можно сэкономить до 30–40 % воды по сравнению с дождеванием. Исследования, проведенные в засушливых регионах, показали, что капельное орошение

особенно эффективно в районах с ограниченными запасами пресной воды, поскольку оно снижает непродуктивное испарение [3, 4].

Оба метода значительно повышают урожайность по сравнению с естественным увлажнением, но капельное орошение дает более высокие и стабильные результаты [2, 4].

Таблица 2. **Сравнительная урожайность (т/га)**

Культура	Капельное орошение (прибавка к контролю)	Дождевание (планируемая урожайность)
Томаты	Данные варьируют	70–90 т/га
Перец сладкий	Данные варьируют	50–70 т/га
Лук репчатый	44,2 т/га (+179,8 %)	Н/Д
Редис (весенний)	34,8 т/га (+65 %)	Н/Д

Исследования, проведенные в Беларуси, показали, что поддержание влажности почвы на уровне 80–100 % НВ при капельном орошении дает огромный прирост урожайности салата (более чем на 200 %) и лука [2]. Эксперименты в Волго-Донском междуречье подтверждают, что дождевание позволяет стабильно получать высокие урожаи пасленовых культур, но требует тщательного соблюдения режима полива [1]. Овощеводы в Казахстане отмечают, что при капельном орошении урожайность повышается на 40–50 % даже в засушливое лето [3].

Выбор метода влияет на фитосанитарное состояние сельскохозяйственных культур и структуру почвы. Дождевание, увлажняя листья, может способствовать развитию грибковых заболеваний, в то время как при капельном орошении листва остается сухой [4, 5].

Преимущества капельного орошения:

– возможность точного фертигационного полива (внесение удобрений с водой) [2, 5];

– снижение риска засоления почвы и вымывания удобрений [1, 4];

– отсутствие почвенной корки, что важно для корнеплодов (моркови, редиса) [2];

– эффективное подавление фузариозного увядания (согласно исследованиям на перце) [4].

Преимущества дождевания:

– создание благоприятного микроклимата и смывание пыли с листьев, что улучшает фотосинтез [1, 5];

– оборудование мобильно и может обрабатывать большие площади (до 100 гектаров с помощью одной машины) [1];

– по сравнению с капельными системами требуется меньше воды для обработки [3].

Несмотря на более высокие первоначальные затраты, капельное орошение зачастую оказывается более рентабельным благодаря экономии ресурсов и высокой ценности дополнительного урожая [2, 4].

Таблица 3. **Экономические показатели (на примере культур в Беларуси)**

Культура	Система полива	Прибыль (руб/га)	Рентабельность
Лук репчатый	Капельное	12 779	110,8 %
Салат листовый	Капельное	66 991	219,1 %
Редис (весенний)	Капельное	14 818	74,3 %
Томаты/Перцы	Дождевание	Данные варьируют	Окупаемость 1–3 года

Срок окупаемости дождевальных установок зависит от наличия государственных субсидий (до 50–70 % от стоимости) [1].

Исследования, проведенные на Филиппинах, также подтвердили, что капельный метод (в том числе с использованием бутылок) не только повышает урожайность томатов и перца, но и увеличивает общую рентабельность за счет высокой эффективности использования воды [4].

Сравнительный анализ литературы показывает, что капельное орошение более эффективно с точки зрения экономии воды (до 95 % эффективности) и позволяет получать максимальный урожай высококачественной продукции [2, 4, 5]. Оно незаменимо при выращивании корнеплодов и культур, чувствительных к грибковым заболеваниям.

С другой стороны, дождевание остается популярным методом в крупных хозяйствах благодаря своей мобильности и способности быстро орошать большие площади [1, 5]. Выбор технологии должен зависеть от климатических условий, типа почвы, биологических особенностей культуры и экономических возможностей хозяйства, в том числе от доступа к программам субсидирования рекультивации [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко Е. В. Анализ эффективности метода капельного орошения земель / Е. В. Коваленко, А. Ф. Бельц // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам 78-й науч.-практ. конф. студентов по итогам НИР за 2022 год. В 3-х ч., Краснодар, 1–31 марта 2023 г. / отв. за выпуск А. Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2023. – Ч. 1. – С. 620–622.

2. Тхитлянова, З. А. Основы мониторинга земель / З. А. Тхитлянова, А. Ф. Бельц // Актуальные проблемы АПК и рациональное природопользование: наука молодых : материалы Всерос. студ. науч.-практ. интернет-конф., Майкоп, 18 нояб. 2022 г. / Министерство науки и высшего образования, ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет». – Майкоп: Изд-во «Магарин Олег Григорьевич», 2022. – С. 379–381.

3. Киргизбаев, А. М. Сравнительная оценка способов полива овощных культур в условиях юго-востока Казахстана / А. М. Киргизбаев, Н. А. Нургалиев // Исследования, результаты. – 2022. – С. 89–95.

4. Analysis of the degree of environmental impact during the construction of the tourist and recreational complex Elbrus / N. Sasikova, A. Khadzhidi, A. Samartseva [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 583. – P. 01019.

5. Шевченко, В. А. (ред.). Современные технологии орошения в овощеводстве: монография / В. А. Шевченко. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова». – 2024. – (Глава 3. Ресурсосберегающие режимы орошения).

УДК 631.559:633.31:631.6(476)

УРОЖАЙНОСТЬ И ЧИСТАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ В УСЛОВИЯХ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

А. В. Цубленок, мл. науч. сотрудник
А. Л. Бирюкович, заведующий лабораторией
РУП «Институт мелиорации»,
г. Минск, Республика Беларусь

Ключевые слова: люцерна изменчивая, урожайность, чистая продуктивность фотосинтеза.

Аннотация. Урожайность сухой массы рассчитывают после определения содержания сухого вещества в измельченных образцах, высушенных в сушильном шкафу при температуре 100–105 °С в трехкратной повторности. Урожайность сухой массы растений люцерны изменчивой в среднем за 3 года с увеличением нормы высева изменялась неравномерно. Тенденция увеличения показателя ЧПФ при меньшей норме высева (9 кг/4,5 млн шт/га) прослеживалась на всех элементах склона.

Keywords: Lucerne changeable, yield, pure photosynthesis productivity

Summary. Dry matter yield is calculated after determining the dry matter content of crushed samples dried in a drying oven at 100–105 °C in triplicate. Dry matter yield of alfalfa plants, on average, changed unevenly over three years with increasing seeding rates. A trend toward increasing NPF at

a lower seeding rate (9 kg/4.5 million pcs/ha) was observed across all slope elements.

В последние годы для покрытия дефицита протеина в Республике Беларусь за валюту закупается 380–420 тыс. т белкового сырья (соевый или подсолнечниковый шроты) [1]. Расширение площадей бобовых трав позволит повысить качество кормов, сбалансировав их по сырому протеину. Для этого используются высокобелковые культуры, в том числе люцерна.

Почвенный покров Витебщины отличается большим разнообразием. В составе пахотных земель преобладают дерново-подзолистые глинистые и суглинистые почвы. На их долю приходится 53,3 % площади. Это почти вдвое больше, чем в среднем по республике. По данным почвенных обследований 38,8 % пахотных земель региона избыточно увлажнены. В целом избыточное увлажнение и связанные с ним явления лишают порядка 1,0–1,5 млн кормовых единиц. Общая обеспеченность сенокосами и пастбищами в регионе почти в 1,5 раза ниже, чем в других областях республики. По отношению к среднемноголетним условиям других областей Республики Беларусь в Витебской трудоемкость полевых работ из-за худших технологических характеристик пашни в среднем выше в 1,24 раза.

На снижение урожайности сельскохозяйственных культур заметное влияние оказывают такие характерные для северной части республики факторы как пестрота (неоднородность) почвенного покрова в пределах полей и отдельно обрабатываемых земельных участков, сложная конфигурация полей, их завалуненность. По Беларуси завалуненность почв составляет 9,4 %, а в Витебской области она достигает 12,4 %. В результате лишь 20–25 % заготовленных кормов соответствуют качеству 1-го класса.

Люцерна – основная бобовая кормовая культура в системе кормового конвейера Беларуси, и одна из самых ценных трав для полевого травосеяния. Химический состав сенажа из люцерны с влажностью 48 % в абсолютно сухом веществе содержит 15,9 % белка, 23,5 % клетчатки, 3,2 % жира, 8,2 % зольных веществ, 49,2 % БЭВ, 2,2 % кальция, 0,3 % фосфора [2].

Согласно данным многих исследователей в 1 кг сена люцерны содержится до 85 г переваримого белка, что соответствует примерно 170 г на 1 кормовую единицу [2].

Урожай с опытного участка нужно убирать в один день. Если это невозможно, то убирают в один день варианты одной повторности.

Зеленую массу со всей делянки скашивают, взвешивают и рассчитывают урожайность с гектара [3].

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) – это отношение суточного прироста массы урожаев всего растения (г) к площади листьев «работавших» в течение суток [4].

Определить ЧПФ важно для того, чтобы понять какое изменение сухой массы растений может объективно отражать ассимиляционную активность растений. Около 95 % сухой биомассы растительного организма приходится на долю органических веществ, образованных в процессе фотосинтеза. Показатель ЧПФ представляет собой результат образования органических веществ в процессе фотосинтеза и усвоения из почвы минеральных веществ за вычетом потерь веществ на дыхание и отмирание органов [5].

Целью исследования было определить урожайность и ЧПФ люцерны изменчивой в условиях Белорусского Поозерья.

Полевые исследования проводили на посевах люцерны изменчивой на участке с крутизной склона 3,0–3,5º (РУП «Институт мелиорации», Сенненский район, Ф-л ВОМС). Почва опытного участка представлена следующими разновидностями: слабосмытая дерново-подзолистая супесчаная (вершина склона); осушенная слабосмытая дерново-подзолистая глееватая, легкосуглинистая (середина склона); дерново-подзолистая глеевая связносупесчаная (низ склона).

Урожайность сухой массы рассчитывают после определения содержания сухого вещества в измельченных образцах, высушенных в сушильном шкафу при температуре 100–105 °С в трехкратной повторности. Для того чтобы определить ЧПФ нужно знать площадь листьев, которую измеряли в программе APFill Ink Toner Coverage Meter.

ЧПФ люцерны рассчитывали по формуле

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_1 - B_2}{0{,}5 \cdot (L_1 + L_2) \cdot n} \text{ г/м}^2\text{сут},$$

где B_1 и B_2 – сухая биомасса растений в начале и в конце учетного периода, г;

$B_2 - B_1$ – прирост сухой массы за n дней, г;

L_1 и L_2 – площадь листьев в начале и в конце периода, м^2;

n – число дней в учетном периоде [5].

Чистую продуктивность фотосинтеза определяли в среднем за 3 года.

Результаты определения урожайности сухой массы растений люцерны изменчивой в среднем за 3 года в период 2022–2024 гг. приведены в табл. 1.

Таблица 1. **Определение урожайности люцерны изменчивой в среднем за 3 года на разных элементах рельефа в зависимости от нормы высева, ц/га сухой массы**

Элемент склона	Норма высева, кг/млн шт/га	Год			Среднее за 3 года
		2022	2023	2024	
Вершина	9/4,5	23,5	15,7	74,4	37,9
	13/6,5	23,4	19,8	79,9	41,0
	18/8,5	27,7	18,7	67,4	37,9
Середина	9/4,5	37,3	44,6	74,3	52,1
	13/6,5	32,8	35,2	39,6	35,9
	18/8,5	10,2	10,1	15,1	11,8
Низина	9/4,5	43,8	50,2	145,6	79,9
	13/6,5	37,8	36,7	115,5	63,3
	18/8,5	10,2	34,0	70,5	38,2

Анализ урожайности сухой массы люцерны изменчивой в среднем за 3 года показал, что она с увеличением нормы высева изменялась неравномерно. Следует отметить, что максимальная урожайность люцерны изменчивой в среднем за 3 года была получена на нижней части склона при норме высева 9 кг/4,5 млн шт/га и составила 79,9 ц/га сухой массы. На средней части склона при этой же норме высева также урожайность люцерны была выше (52,1 ц/га сухой массы). На вершине склона более высокая урожайность была сформирована при нормах высева 13 кг/6,5 млн шт/га.

Результаты определения ЧПФ растений люцерны изменчивой в среднем за 3 года в период 2022–2024 гг. приведены в табл. 2.

Таблица 2. **Определение ЧПФ люцерны изменчивой в среднем за 3 года на разных элементах рельефа в зависимости от нормы высева, г/м^{2}сут**

Элемент склона	Норма высева, кг/млн шт/га	Год			Среднее за 3 года
		2022	2023	2024	
1	2	3	4	5	6
Вершина	9/4,5	4,04	2,87	6,47	4,46
	13/6,5	2,32	3,69	3,18	3,06
	18/8,5	3,1	3,44	5,76	4,1

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
Середина	9/4,5	3,95	3,49	5,09	4,18
	13/6,5	3,75	1,75	7,13	4,21
	18/8,5	1,74	2,5	4,15	2,8
Низина	9/4,5	6,36	3,89	6,48	5,58
	13/6,5	7,21	3,22	5,08	5,17
	18/8,5	3,52	2,59	5,96	4,02

Результаты определения ЧПФ люцерны изменчивой в среднем за 3 года показал, что она на вершине склона была максимальной при норме высева 9 кг/4,5 млн шт/га. Причем тенденция увеличения показателя ЧПФ при меньшей норме высева (9 кг/4,5 млн шт/га) прослеживалась на всех элементах склона. Так, на середине склона была выше при нормах высева 9 кг/4,5 млн шт/га и 13 кг/6,5 млн шт/га, в нижней его части – при норме 9 кг/4,5 млн шт/га была наибольшей – 5,58 г/м^{2}сут.

Можно заметить, что ЧПФ люцерны изменчивой за 3 года, вероятно, зависело от условий увлажнения и была максимальной на низине склона.

На менее влагообеспеченном участке (низина склона) ЧПФ люцерны в среднем была на 18,4 % выше, чем на его середине, что связано с более продолжительной и лучшей освещенностью посева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Привалов, Ф. Многолетние травы – Основной источник белка / Ф. Привалов, П. Васько // Белорусское сельское хозяйство. – 2019. – № 5. – С. 12–15.

2. Сельское хозяйство. Растениеводство. – URL: http://universityagro.ru. (дата обращения: 29.02.2026).

3. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса; подгот. Ю. К. Новоселов [и др.]. – М.: ВИК, 1983. – 197 с.: ил.; 20 с.

4. Комплекс агрометеорологических факторов определяющих продуктивность культуры. – URL: https://po-teme.com.ua/rastenievosdstvo/lektsij-po-programmirovaniyu urozhaev/ 1371- kompleks- agrometeorologicheskikh- faktorov- opredelyayushchikh- produktivnost-kultury.html. (дата обращения: 29.02.2026).

5. Определение чистой продуктивности фотосинтеза. – URL: https://studfile.net/ preview/ 5611319/page:24/. (дата обращения: 29.02.2026).

УДК 528.871.6:626.862.9

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Е. А. Давыдов, начальник производства
РУП «Институт мелиорации» НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь

Ю. С. Цыркунова, ст. преподаватель
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: мелиорация, каналы, лидар, БПЛА, DJI Matrice 300, лазерный сканер (лидар) TOPODRONE 100+, цифровая модель рельефа, проектирование, мониторинг, Республика Беларусь.

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по оценке эффективности применения беспилотного лидарного комплекса на базе квадрокоптера DJI Matrice 300 лазерный сканер (лидар) TOPODRONE 100+ для решения задач проектирования, реконструкции и эксплуатации мелиоративных каналов и гидросооружений в условиях Беларуси.

Keywords: land reclamation, canals, lidar, UAV, DJI Matrice 300, digital elevation model, design, monitoring, Republic of Belarus.

Summary. The article presents the results of research on assessing the effectiveness of an unmanned lidar complex based on the DJI Matrice 300 quadcopter TOPODRONE 100+ with the for solving the problems of design, reconstruction and operation of reclamation canals and hydraulic structures in Belarus.

Введение. Мелиоративный комплекс Республики Беларусь играет стратегическую роль в обеспечении устойчивого развития агропромышленного сектора. Значительная часть мелиоративных систем, построенных в прошлом веке, в настоящее время требует реконструкции и модернизации, что отмечено в ряде научных работ [2, 6]. Ключевым ограничением при обосновании проектов реконструкции является недостаточная оперативность и объективность данных, получаемых тра-

дициионными методами инженерно-геодезических изысканий, особенно при обследовании протяженных, труднодоступных и сильно заросших участков каналов [7].

Развитие беспилотных авиационных систем (БАС) и активное внедрение технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) открывает новые возможности для мониторинга и инвентаризации мелиоративных объектов. В данном контексте особый практический интерес представляет использование воздушного лазерного сканирования (ВЛС, LiDAR). Главным преимуществом лидарной съемки является способность лидарного луча частично проникать сквозь растительный покров, позволяя регистрировать точки на подстилающей поверхности [8]. Это свойство критически важно для получения данных о реальном поперечном профиле заросших каналов, где применение фотограмметрических методов наземного и воздушного базирования ограничено.

Целью настоящих **исследований** являлась апробация и оценка эффективности комплекса на базе БПЛА DJI Matrice 300 с лазерный сканер (лидар) TOPODRONE 100+ для получения высокоточных пространственных данных, необходимых для цифровизации процессов проектирования, реконструкции и эксплуатации мелиоративных систем.

Материалы и методы исследований. Объекты и район работ. Исследования проводились в 2025 г. на территории типичной для Беларуси мелиоративной системы «Маркова» Шарковщинского р-на в Могилевской области. Для проведения съемок были выбраны три модельных участка, характеризующихся различным состоянием:

Участок 1: Канал трапецеидального сечения протяженностью 1.2 км, находящийся в относительно удовлетворительном состоянии (незначительное заиление, травяной покров на откосах).

Участок 2: Канал протяженностью 0.8 км с сильной степенью заиления и зарастания древесно-кустарниковой растительностью (ива, ольха), исключающей возможность эффективного наземного обследования.

Участок 3: Гидротехническое сооружение (шлюз-регулятор) для оценки возможностей мониторинга инженерных объектов.

В работе использовался следующий комплекс оборудования и программного обеспечения:

1. Беспилотная платформа: Квадрокоптер DJI Matrice 300. Выбор обусловлен высокой грузоподъемностью, стабильностью полета, устойчивостью к ветру до 12 м/с и возможностью интеграции с высокоточными системами позиционирования.

2. Сканирующее оборудование: Лазерный сканер TOPODRONE 100+ совмещенный с 20-мегапиксельной камерой и инерциальной навигационной системой (IMU). Точность определения высотных отметок с использованием RTK составляет 5 см.

3. Система позиционирования: Мобильная RTK-станция для получения поправок в реальном времени, обеспечивающая точность геопривязки данных в плане на уровне 1–2 см.

Планирование полетных миссий осуществлялось в приложении DJI Pilot 2. Первичная обработка сырых данных (синхронизация IMU, GNSS и лидарных отражений) и построение облаков точек выполнялось в специализированном ПО DJI Terra. Дальнейший анализ, включая построение профилей и расчет объемов, проводился в средах CloudCompare и AutoCAD Civil 3D.

Методика проведения работ. Работы выполнялись в три этапа.

1. Подготовительный этап: Планирование миссии: В DJI Pilot 2 задавались параметры полета: высота 80 м, скорость 6 м/с, боковое и фронтальное перекрытие 50 % и 70 % соответственно, что обеспечивало плотность лидарных точек не менее 200 точек/м².

Получение разрешения на полеты: в соответствии с законодательством Республики Беларусь, для выполнения аэрофото- и лидарной съемки было получено официальное разрешение на использование воздушного пространства в государственном предприятии «Белаэронавигация». В разрешении были оговорены дата, время, высота и границы полетной зоны.

Создание планово-высотного обоснования: на местности было закреплено и координировано с помощью GNSS-приемника в статическом режиме 5 контрольных точек (КТ), которые в дальнейшем использовались для независимой оценки точности полученных моделей.

2. Полевой этап: съемка выполнялась в безветренную погоду при отсутствии осадков. Перед каждым полетом проводилась процедура инициализации IMU.

Полет по заданному маршруту выполнялся в автоматическом режиме с одновременной записью лидарных данных и выполнением аэрофотосъемки. Для участка с густой растительностью (Участок 2) была выполнена дополнительная съемка с высоты 60 м для увеличения плотности данных.

3. Камеральный этап: Обработка в DJI Terra: Выполнено построение облака точек с привязкой по RTK и последующая классификация точек на категории: «земля» (Ground), «растительность» (Vegetation), «сооружения» (Building).

Генерация производных продуктов: на основе классифицированного облака точек построены: цифровая модель поверхности (Digital Surface Model, DSM); цифровая модель рельефа (Digital Terrain Model, DTM); ортомозаика с разрешением 8 см/пиксель.

Точность полученных DTM верифицирована путем сравнения с высотами в независимых КТ.

Аналитическая работа: В профильном ПО выполнено: построение поперечных профилей каналов с шагом 2 м; сравнение фактических профилей с проектными; выделение зон отклонений и деформаций.

Расчет объемов земляных работ для проекта реконструкции.

Результаты и их обсуждение. Оценка точности данных. Результаты контрольных измерений подтвердили высокую точность полученных данных. Среднеквадратическая погрешность (СКП) определения высот по DTM составила ±0,04 м, максимальное отклонение – 0,06 м. Точность в плане составила ±0,02 м. Данные показатели соответствуют требованиям к изысканиям для проектирования мелиоративных систем [9] и превосходят возможности традиционных методов в условиях заросшей территории [7].

Анализ состояния каналов по участкам.

Участок 1 (канал в удовлетворительном состоянии).

На основе DTM было построено 600 поперечных профилей. Анализ показал соответствие фактических геометрических параметров проектным значениям на большей части протяженности. Установлено локальное заиление дна мощностью до 0,15 м. Совокупный объем донных отложений на участке 1,2 км составил 185 м³.

Обсуждение. Применение комплекса позволило в сжатые сроки (1 час полетного времени) получить исчерпывающую информацию о состоянии канала, необходимую для планирования очистительных работ. Это согласуется с задачами повышения эксплуатационной надежности мелиоративных систем [4].

Участок 2 (сильно заросший и заиленный канал).

На данном участке наиболее полно проявилось ключевое преимущество лидарной технологии. В то время как ортофотоплан отображал только сплошной полог растительности, построенная DTM позволила четко идентифицировать трассировку канала, его дно и откосы. Анализ показал снижение средней глубины с проектных 2,0 м до 0,8–1,2 м и деформацию откосов на 60 % протяженности.

Обсуждение. Полученные результаты доказывают исключительную эффективность ВЛС для инвентаризации и паспортизации старо-

залежных мелиоративных систем, доступ к которым для наземных обследований затруднен [2, 7]. Данные служат объективной основой для принятия решений о необходимости и параметрах реконструкции.

Участок 3 (гидротехническое сооружение).

Построенная 3D-модель шлюза-регулятора с плотностью точек свыше 500 точек/м² позволила идентифицировать и измерить трещины шириной от 1 см, смещение конструктивных элементов на 3–5 см, а также оценить объем наносов.

Обсуждение. Технология предоставляет эффективный инструмент для регулярного мониторинга и технической диагностики гидросооружений, позволяя документировать их состояние и планировать превентивные ремонтные работы, что соответствует принципам обеспечения надежности [4].

Расчет объемов земляных работ. Для участка, планируемого к реконструкции, выполнен расчет объема земляных работ методом сравнения фактической DTM с проектной поверхностью. Объем выемки грунта составил 2 450 м³ с расчетной погрешностью не более 3 %. Применение данной методики исключает субъективизм и существенно повышает точность сметных расчетов [5].

Заключение. Апробированный комплекс на базе БПЛА DJI Matrice 300 и TOPODRONE 100+ подтвердил свою высокую эффективность для решения задач цифровизации при проектировании, реконструкции и эксплуатации мелиоративных систем Беларуси.

Ключевым результатом является возможность построения высокоточных цифровых моделей рельефа под пологом растительности, что обеспечивает прорыв в области обследования заросших каналов.

Технология позволяет в сжатые сроки получать объективные, полные и точные пространственные данные, являющиеся надежной основой для принятия проектных решений, расчета объемов работ и мониторинга технического состояния объектов.

Результаты работы легли в основу разрабатываемых Институтом мелиорации методических рекомендаций по применению БПЛА-лидарных комплексов для мелиоративных целей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа «Развитие мелиоративных систем» на 2021–2025 годы. – Минск, 2021.

2. Казаков, Н. Е. Цифровые технологии в мелиорации: опыт и перспективы применения / Н. Е. Казаков, С. М. Сидоренко // Мелиорация. – 2023. – № 1 (103). – С. 28–35.

3. Желязко, В. И. Современное состояние и сельскохозяйственное использование мелиоративных земель в Республики Беларуси / Т. Д. Лагун, А. П. Лихоцевич // Научные труды БГСХА. Серия аграрных наук. – 2016. – № 4.
4. Желязко, В. И. Повышение эксплуатационной надежности мелиоративных систем / В. И. Желязко, А. А. Боровиков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 2. – С. 150–155.
5. Лукашевич, В. М. Совершенствование методов оценки состояния и проектирования реконструкции мелиоративных каналов / А. М. Лукашевич, В. И. Желязко // Научные труды БГСХА. – 2022. – Т. 65. – С. 178–184.
6. Методические рекомендации по проведению обследования мелиоративных систем с использованием БПЛА. – Мн.: РУП «Институт мелиорации», 2021. – 45 с.
7. Кирейчев, А. В. Современные методы дистанционного зондирования в мелиорации / А. В. Кирейчев, Н. С. Лобачев // Мелиорация. – 2020. – № 4 (98). – С. 12–19.
8. Wang, C. A Comprehensive Study of the Use of UAVs and LiDAR in Hydrological and Geomorphological Monitoring of Small River Basins / C. Wang, Y. Wang // Remote Sensing. – 2022. – Vol. 14. – P. 123–135.
9. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. – М., 1997.

УДК 631.6

ФАКТОРЫ СНИЖЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

В. В. Васильев, канд. техн. наук, доцент
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: гидромелиоративная система, мелиорированные земли, плодородие, урожайность, экология.

Аннотация. Приводятся теоретические и практические аспекты и факторы снижения продуктивности мелиорированных земель, выявлены основные проблемы и намечены пути их решения.

Keywords: hydro-reclamation system, reclaimed lands, fertility, yield, ecology.

Summary. Theoretical and practical aspects and factors of the reclaimed lands productivity decrease are given, the main problems are identified and the ways of their solution are outlined.

Мелиорированные земли занимают особое место в аграрном секторе Республики Беларусь. Существенная часть пашни и кормовых угодий была вовлечена в сельскохозяйственный оборот именно благодаря проведению мелиоративных мероприятий, прежде всего осушению избыточно увлажненных земель. При этом сама по себе мелиорация не

гарантирует высокой и устойчивой продуктивности: решающее значение имеет эффективность сельскохозяйственного использования мелиорированных угодий.

На 1 января 2025 г. общая площадь мелиорированных земель в Республике Беларусь составила 3 275 тыс. га, или 74 % мелиоративного фонда переувлажненных земель, требующих проведения первоочередного осушения. Среди осушенных земель 2 828,6 тыс. га занимают сельскохозяйственные земли (из них пахотные – 1 529,7 тыс. га, луговые – 1 292,6 тыс. га), 327,9 тыс. га – лесные и 182,8 тыс. га – другие. Значительная часть осушенных земель находится в Брестской, Гомельской и Минской областях [1].

За 2021–2024 гг. проведены мелиоративные работы на площади 305,6 тыс. га, в том числе реконструкция мелиоративных систем – 178,3 тыс. га и культуртехнической мелиорации – 127,3 тыс. га.

На 1 января 2024 г. согласно материалам инвентаризации мелиоративных систем, требуется реконструкция мелиоративных систем на площади 400,6 тыс. га. Преимущественно это мелиоративные системы, построенные в 1960–1970 гг., которые отработали нормативные сроки эксплуатации и физически износились [2].

Структура осушенных сельскохозяйственных земель в республике существенно различается. Территории, на которых проводились мелиоративные работы в 1960–1980 гг., характеризуются повышенным удельным весом пахотных земель. В последующие годы преобладало строительство осушительных систем под луговые угодья. В Витебской и Могилевской областях осушенные сельскохозяйственные земли отличаются высокой распаханностью, значительным дефицитом высокопродуктивных луговых земель. Например, в Витебской области уровень обеспеченности улучшенными луговыми землями почти в 1,5 раза ниже, чем в других областях республики.

Актуальность темы обусловлена несколькими обстоятельствами. С одной стороны, мелиорированные земли обладают высоким потенциалом урожайности и позволяют существенно нарастить производство сельскохозяйственной продукции. С другой стороны, значительная часть мелиоративных система была построена десятилетия назад и в настоящее время нуждается в реконструкции и адаптации к современным условиям хозяйствования и климатическим изменениям. Кроме того, усиливаются требования к экологической устойчивости использования земель, сохранению почвенного плодородия и качеству водной среды.

Цель работы – рассмотреть теоретические и практические аспекты сельскохозяйственного использования мелиорированных земель в Республике Беларусь, выявить основные проблемы и обозначить пути их решения.

Если потенциальное плодородие мелиорированных земель в начале эксплуатации было выше по сравнению с неосушенными аналогами, главным образом за счет более высокого содержания и запасов органического вещества и отрегулированного водного режима, то, как показывает практика, с течением времени уровень их потенциального плодородия в целом по республике во все больших масштабах снижается.

Данные по урожайности на мелиорированных землях подтверждают высокий начальный прирост, но подчеркивают необходимость постоянного ухода. В Брестской и Гомельской областях, где преобладают осушенные торфяники и заболоченные почвы, зерновые культуры в первые годы после мелиорации дают на 20–30 % больше, чем на немелиорированных участках, достигая 35–40 ц/га. Без реконструкции и агротехники (удобрения, севооборот) этот показатель снижается к 10-му году на 10–15 %, что отражает деградацию дренажных систем и накопление вредителей.

Долговременная и качественная работа осушительных систем возможна только при условии надлежащего ухода и ремонта мелиоративной сети. Преждевременный выход из строя осушительных систем происходит под влиянием факторов, вызывающих обвалы, оползни откосов каналов, размывание и зарастание дна и откосов, разрушение труб-регуляторов и труб-переездов. Значительный ущерб мелиоративной сети приносит неправильная эксплуатация дорог и сооружений, устройство переездов через каналы для автотранспорта. Одной из наиболее существенных экологических ошибок гидротехнической мелиорации было осушение верховых болот на глубоких пушицево-сфагновых торфах и черноольховых насаждений на минеральных гидроморфных слаботорфованных почвах.

Осушение болотных комплексов нанесло большой вред биологическому разнообразию, оказало негативное влияние на гидрологический режим. К недостаткам хозяйственной деятельности на мелиоративных системах относится недостаточный уход за осушительной сетью, мало внимания уделяется устранению препятствий стоку воды в каналах, мелиоративные системы недостаточно дренируются. Снижение уровней грунтовых вод на осушенных территориях, прилегающих к мелио-

рируемым болотам, часто приводит к снижению плодородия песчаных почв, ранее использовавшихся под пашню.

Крупным экологическим и экономическим недостатком является то, что весьма часто на осушенных площадях не оптимизируются агрохимические свойства и не выдерживается оптимальное соотношение между элементами питания. Особенно неблагоприятные условия пищевого режима создаются на мелиорированных луговых угодьях, где удобрений вносится в 2–3 раза меньше, чем на 1 га пашни. Недостаток питательных веществ снижает урожайность сельскохозяйственных культур, а неправильное использование мелиорированных торфяных почв приводит к развитию дефляционных процессов. Из-за нерационального использования глубина торфяной залежи на большинстве мелиорированных территорий сократилась, происходит интенсивная минерализация, что резко снижает плодородие почвы.

Основные причины указанных выше факторов могут быть объединены в три следующие группы:

1) физическое старение мелиоративных систем, превышение на значительных площадях нормативных сроков эксплуатации до проведения капитальных ремонтов и реконструкции, в связи с этим ослабление их влияния на водный режим и, соответственно, невозможность проведения сельскохозяйственных работ в оптимальные сроки, особенно в годы и периоды с экстремальными погодными условиями;

2) резкое снижение уровня мелиоративного земледелия, выражающееся в уменьшении объемов внесения органических и минеральных удобрений, использования средств защиты растений, отсутствии ежегодно проводимых мероприятий по организации поверхностного стока, некачественной обработке и нецелевом использовании мелиорированных земель, провоцирующих усиление негативных последствий заморозков, появление подплужной подошвы и развитие микрорельефа;

3) ухудшение материально-технической базы ведения как мелиоративных, так и сельскохозяйственных работ, осуществление в недостаточных объемах технической эксплуатации и текущего ремонта мелиоративных систем, что способствует более быстрому их старению и ослаблению нейтрализующего воздействия на факторы переувлажнения [3].

Региональные планы использования мелиорированных земель тесно связаны со структурой сельскохозяйственного производства. Оптимизация этих планов чрезвычайно важна для получения продукции в необходимом объеме и номенклатуре при интенсификации производ-

ства за счет использования минеральных удобрений и мелиорации. Использование мелиорированных площадей приводит к коренному изменению структуры производства, что требует совместного рассмотрения различных задач всего хозяйственного комплекса. Один из подходов к решению таких задач, базируется на использовании математической модели, отражающей суммарную зависимость экономического эффекта от количества используемых водных, земельных, трудовых ресурсов, объемов капитальных затрат, количества внесенных удобрений и т. д. Построенные модели могут использоваться как для проведения непосредственного экономического анализа и определения экономического эффекта от мелиорации для заданного диапазона изменения различных факторов, так и при решении других задач водохозяйственного планирования.

При моделировании задач оптимизации размещения сельскохозяйственного производства и использования водных и земельных ресурсов, прежде всего, руководствуются экономическими критериями – такими как доход, прибыль или производственные затраты. Так как распределение капиталовложений определяет темп развития отдельных районов и отраслей, то выбор наилучшего варианта распределения ограниченных ресурсов и прежде всего финансовых является важнейшей задачей планирования.

В республике используется много организационно-технических вариантов использования мелиорированных земель и технологических схем сельскохозяйственного производства, отличающихся конечными результатами и степенью влияния на окружающую среду. В условиях дефицита тех или иных ресурсов имеется возможность взаимозаменяемости, как получаемой продукции, так и используемых ресурсов. На мелиорированных землях предлагается формировать травопольные зернонасыщенные севообороты, где будут минимальны посевы пропашных и технических культур. На минеральных землях целесообразно создавать интенсивные пропашные севообороты с относительно высокими площадями картофеля, овощей, кормовой и сахарной свеклы. Для таких севооборотов необходимо обеспечивать минимально допустимые площади полей, позволяющие формировать и эффективно использовать шлейф почвообрабатывающих и уборочных машин.

Помимо экономических, в качестве критериев применимы и физические показатели: объемы производства того или иного вида продукции, например, зерна, говядины, объем используемых удобрений и т. д.

Практика показала, что оценка эффективности мелиоративного земледелия только через экономические показатели не всегда надежна,

в частности, из-за необъективности цен. Кроме того, если своевременно не проанализировать возможность появления негативных побочных воздействий на окружающую среду, то окончательное решение может оказаться неприемлемым как с экономических, так и экологических позиций.

Для учета экологических показателей принимаемая к рассмотрению система должна быть значительно шире, чем непосредственно выполняющая хозяйственные функции, так как вызываемые ею изменения неизбежно распространяются на окружающую среду. Использование вместо экономических целей более частных целей технического уровня не позволяют выделить функционально полную систему. Поэтому рассматриваемые мелиоративные системы должны удовлетворять критериям не только технического уровня: быть работоспособными и устойчивыми или технически и экологически совершенными, а удовлетворять критериям более высокого уровня – экономико-экологического.

При экономико-экологическом уровне общности целей выбор решений должен осуществляться на удовлетворении одновременно целям максимума доходов, минимума затрат и набору ограничений по использованию водных, земельных, трудовых и финансовых ресурсов.

Данная проблема реализуется решением следующих взаимосвязанных задач:

– оптимизация объемов производства сельскохозяйственной продукции с учетом внутриотраслевого потребления (животноводство) и потребления другими отраслями;

– оптимизация распределения ресурсов между подсистемами, определяющими производство, транспортировку, хранение, переработку сельскохозяйственной продукции;

– оптимизация распределения финансовых ресурсов (капиталовложений и текущих затрат) между различными факторами, определяющими уровень производства и соответствующего этому уровню соотношение отраслей растениеводства на мелиорированных землях;

– оптимизация вида сельскохозяйственного использования, включая выбор соотношения площадей, на которых может осуществляться трансформация сельхозугодий (вплоть до вывода из оборота);

– оптимизация эксплуатационных работ на мелиорированных землях и проведение реконструкции на территориях с ухудшившимися в результате старения мелиоративных систем водными и другими режимами.

Соответствующие системы принятия решений должны реализовываться для хозяйствующего субъекта, осуществляющего сельскохозяйственное использование мелиорированных земель. Дальнейшее укрупнение таких систем целесообразно по административно-территориальному принципу (район, область) [4].

В современных экономических условиях актуальной проблемой при производстве сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях, является разработка методологии выбора наиболее оптимальных вариантов распределения выделяемых ресурсов между субъектами хозяйствования, использующими мелиорированные земли, с одновременным удовлетворением требований охраны окружающей среды.

В этих условиях важнейшее значение для развития сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях имеет эффективное использование накопленного ресурсного потенциала субъектов хозяйствования. Для этого необходимо выявлять и использовать внутренние возможности сельскохозяйственных предприятий направленные на совершенствование структуры производства, приводя ее в соответствие с имеющимся ресурсным потенциалом.

Эффективность сельскохозяйственного использования мелиорированных земель в Республике Беларусь представляет собой комплексную проблему, включающую производственные, экономические и экологические аспекты. Проведенный анализ показывает, что, несмотря на высокий потенциал мелиорированных земель, их фактическая продуктивность часто оказывается ниже расчетной из-за недостаточного финансирования восстановительных работ, нарушения правил эксплуатации мелиоративных систем и неоптимального использования ресурсов.

Особое значение приобретают вопросы реконструкции мелиоративных систем. Как отмечается в исследованиях, посвященных особенностям хозяйственных мероприятий при реконструкции, комплексный подход к проведению этих работ позволяет повысить качество проектно-сметной документации и эффективность самой реконструкции.

Таким образом, повышение эффективности использования мелиорированных земель требует комплексного подхода, включающего оптимизацию финансирования, внедрение современных методов планирования и управления, реконструкцию устаревших мелиоративных систем и строгое соблюдение экологических требований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статистический сборник: сельское хозяйство Республики Беларусь / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Мн., 2025. – 36 с.

2. О Государственной программе «АПК будущего» на 2026–2030 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31 дек. 2025 г., № 814 // ЭТАЛОН ONLINE. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр законодательства и правовой информации Респ. Беларусь. – URL: https://etalonline.by/document/ ?regnum= c22500814&ysclid= mlq9l1tjmu775088810 (дата обращения: 17.02.2026).

3. Васильев, В. В. Оптимизация распределения распределяемых ресурсов при обслуживании осушительных мелиоративных систем / В. В. Васильев, О. А. Шавлинский // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. – Рязань: Мещерский ф-л ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2011. – Вып. 9. – С. 25–30.

4. Лихацевич, А. П. Мелиорация земель в Беларуси / А. П. Лихацевич, А. С. Мееровский, Н. К. Вахонин. – Мн.: БелНИИМиЛ, 2001. – 308 с.

УДК 631.582:631.445.24

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГИДРОМОДУЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СЕВООБОРОТОВ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ БЕЛАРУСИ

Е. А. Вчерашний, ст. преподаватель
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь

Ключевые слова: гидромодуль, специализированные севообороты, мелиорированные земли, плодородие, урожайность, режим орошения.

Аннотация. Приводятся теоретические и практические аспекты расчета ординаты гидромодуля, определяющую основные параметры оросительной системы.

Keywords: hydro module, specialized crop rotations, reclaimed lands, fertility, yield, irrigation regime.

Summary. Theoretical and practical aspects of calculating the hydro module ordinate, which determines the main parameters of the irrigation system, are presented.

В настоящее время при составлении проектов оросительных систем для различных специализированных севооборотов цель всех разработок одна: получить расчетную ординату гидромодуля, определяющую основные параметры оросительной системы. Интуитивный подход к

выбору расчетного гидромодуля оросительных систем при дождевании специализированных (овощные, овоще-кормовые и др.) севооборотов обычно приводит к завышению величины инвестиций необходимых для строительства или реконструкции оросительных систем и к недобору урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур в связи с несоблюдением их режима орошения в критический период [1].

Сказанное выше предопределяет необходимость проведение научных исследований и многовариантного проектирования по обоснованию оптимального гидромодуля оросительных систем для специализированных севооборотов. На наш взгляд, величину оптимального гидромодуля целесообразно определять на основе динамики водопотребления выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Методику такого расчета на основе биоклиматического метода можно представить следующим образом.

Имея данные о составе севооборота на орошаемых землях, нужно, прежде всего, рассчитать декадное водопотребление каждой орошаемой культуры для средних многолетних условий. С этой целью можно использовать разработанную ранее программу расчета режима орошения [2]. Затем для всех орошаемых культур (с учетом их долевого участия в севообороте) следует определить суммарный дефицит влаги в почве за каждую декаду. Критический (расчетный) период для определения максимальной ординаты гидромодуля нужно ограничить числом декад, в которые наблюдаются наибольшие декадные дефициты влаги. Следует отметить, что чаще всего это одна или две декады в июле, или в конце июля и начале августа. Обычно эти декады характеризуются наибольшими и резко выделяющимися по сравнению с другими декадами дефицитов влаги в почве. Эту закономерность можно объяснить тем, что в указанный период напряжение метеорологических элементов, определяющих водопотребление, как правило, наиболее велико. Кроме того, большинство сельскохозяйственных культур в это время переходят в фазы своего максимального развития, что предопределяет максимальную величину водопотребления.

Следует отметить, что, имея в виду сущность режима орошения, заключающуюся в ликвидации дефицита влаги в почве, необходимо рассчитывать параметры оросительных систем исходя из обеспеченности этого показателя. В принципе такая методика была ранее использована С. И. Харченко и некоторыми другими исследователями. Для расчета недостатков влаги в почве и определения гидромодуля оросительных систем С. И. Харченко разработал метод, названный гидроме-

теорологическим. Свою методику он применил для расчета режима орошения Европейской части СССР [3].

Расчет гидромодуля оросительных систем можно произвести и на основе биоклиматического метода, что имеет свои преимущества. Ранее был выполнен расчет гидромодуля оросительной системы по данным метеостанции Минск для специализированного овощного севооборота в СРСУП «СОВХОЗ «ЗАГОРЬЕ» Смолевичского района [4]. Приняв структуру орошаемых культур, в соответствии с севооборотом, определяем по каждому году раздельно дефицит влаги за критический период (в нашем случае это были первая и вторая декады июля).

Для расчета использовалось уравнение:

$$M_б = \Sigma d\,(k_1a_1 + k_2a_2 + \ldots + k_ia_i) - \Sigma P, \qquad (1)$$

где $M_б$ – дефицит влаги в почве в данном году за указанные две декады;

Σd – сумма средних суточных дефицитов упругости водяного пара (мб) за две декады;

a_1, a_2, a_i – доля сельскохозяйственных культур в севообороте;

k_1, k_2, k_i – средние за две декады биологические коэффициенты испарения сельскохозяйственных культур;

ΣP – сумма осадков за две декады.

Следует отметить, что в качестве расчетной может быть использована и одна декада и даже пентада. Для расчета кривой обеспеченности дефицита влаги в почве по конкретной метеостанции используются многолетние данные по осадкам и среднесуточными дефицитами упругости водяного пара. Годы, когда за расчетный период наблюдается избыток влаги, из обработки исключаются. По известным приемам гидрологии строиться кривая обеспеченности дефицита влаги в почве (фактическая и теоретическая). Значения обеспеченности дефицита влаги в почве вычисляются по формуле

$$P = \frac{m - 0{,}25}{n + 0{,}50}, \qquad (2)$$

где m – порядковый номер члена ряда;

n – число лет наблюдений;

P – обеспеченность, %.

По построенной кривой дефицита влаги в почве вычисляются гидромодули оросительной системы для различных обеспеченностей дефицита влаги в почве.

Расчетная ордината гидромодуля ($q_{\text{р}}$) определяется по формуле

$$q_{\text{р}} = \frac{M_{\text{р}}}{86{,}4 \cdot t}, \qquad (3)$$

где $M_{\text{р}}$ – дефицит влаги за критический период, м^3/га;

t – продолжительность критического периода, сут.

При высокой обеспеченности дефицита влаги в почве расчетный гидромодуль проектируемых оросительных систем для условий круглосуточной работы обычно не менее 0,5 л/с·га. Если расчет производить исходя обычной работы дождевальных машин и установок 10 или 14 часов в сутки, то расчетный гидромодуль повысится до 0,7–0,9 л/с·га. Выполненные ранее расчеты [4] и анализ опыта проектирования оросительных систем в других странах показали, что при высокой обеспеченности дефицита влаги в почве обеспечение получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, расчетный гидромодуль проектируемых оросительных систем должен быть не менее 0,8 л/с·га. Однако в каждом конкретном случае его необходимо определять на основании расчетов по изложенной методике и вариантного проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голченко, М. Г. Совершенствование научно-практических основ оросительных мелиораций на минеральных почвах Республики Беларусь / М. Г. Голченко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2. – С. 123–129.

2. Справочник по орошению дождеванием / под ред. М. Г. Голченко и А. И. Михальцевича; сост.: О. А. Шавлинский. – Мн.: Ураджай, 1993. – С. 29–50.

3. Харченко, С. И. Гидрология орошаемых земель / С. И. Харченко. – Л.: Гидрометеоиздат, 1968. – 246 с.

4. Шавлинский, О. А. Использование биоклиматического метода при оценке гидромодуля оросительной системы для овощного севооборота / О. А. Шавлинский // Перспективные направления развития водного хозяйства, строительства и землеустройства: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Херсон, 19–20 мая 2016 г. Херсон: изд-во ПП «ЛТ-оффас», 2016. – С.139–144.

СОДЕРЖАНИЕ

Беденко А. Е. Оценка состояния мелиорируемых агроландшафтов на основе анализа эвапотранспирации и спектральных индексов 3
Бубер А. А., Добрачев Ю. П. Исследование водного обмена пойменного агроландшафта 6
Голубенко М. И., Мажайский Ю. А. Эффективность работы автоматического регулятора напора на мелиорируемых землях 14
Гусейнова Гюльчохра Агагусейн кызы. Влияние мелиорации почв на природные ландшафты южного склона Большого Кавказа 18
Дрозд Д. А., Подлужная А. С. Оценка влияния орошения на густоту стояния травостоя и урожайность сухого вещества различных по скороспелости сортов клевера лугового 23
Дрозд Д. А., Подлужная А. С. Водопотребление клевера лугового сорта Цудоўны в зависимости от условий увлажнения 28
Дубина А. В. Современные инновации в агроландшафтной инженерии для обустройства межселенных территорий Беларуси. 31
Дуброва Ю. Н., Боровиков А. А. Подготовка инженеров-мелиораторов в Республике Беларусь: существующие трудности и пути их преодоления 36
Дятлов В. В. Сравнительный анализ эффективности методов определения водопотребления однолетних кормовых культур в составе зеленого конвейера в условиях северо-восточной части Республики Беларусь 40
Кадимова З. М. Влияние воды на состояние здоровья человека и продолжительность жизни: значение минеральных вод Азербайджана в данном контексте 46
Левшунов И. А. Влияние параметров непрерывного дождевания на водопроницаемость дерново-подзолистых почв 52
Лукашевич В. М., Константинов А. А. Развитие овощеводства открытого грунта с использованием ресурсосберегающих технологий полива в Республике Беларусь 56
Лукашевич В. М., Куцепалова В. Г. Качественный полив суглинистых почв дождевальными установками 59
Стенина О. Е., Мажайский Ю. А. Влияние трансграничного переноса и аккумулятивной способности тяжелых металлов на природные и аграрные ландшафты 64
Буряк С. М., Мажайский Ю. А., Черникова О. В. Будущее сельского хозяйства в органических удобрениях: влияние доз и форм на продуктивность и химический состав многолетних трав 69
Масич В. В., Шараева И. В. Формирование цифровых компетенций студентов-инженеров при изучении естественно-научных дисциплин 75
Мерзлова О. А., Олашин С. М. Современные машины и механизмы для устройства дренажа 80
Мешик О. П., Борушко М. В. Влагообеспеченность территории Белорусского Полесья в условиях климатических изменений 84
Миронов Д. С. Трансформация мелиоративного комплекса в условиях цифровизации: технологические аспекты и экологические вызовы 89
Набздоров С. В. Оптимальный режим орошения сахарной свеклы 93
Николаев А. А., Максимов П. Е., Лоскин М. И. Влияние ускоренного снеготаяния на сроки посева сельскохозяйственных культур в условиях Якутии 97
Пащенко В. А., Болдырева Л. М. Защита от наводнений: комплексный подход к обеспечению безопасности территорий и населения 101

Кесафоти Х. Е., Приходько И. А. Современное состояние и стратегические перспективы использования мелиорируемых земель в Российской Федерации 105
Ткачёва Т. Н. Влияние длительного орошения животноводческими стоками на поверхностные и подземные воды..... 109
Тришина Н. Г., Бельц А. Ф. Сравнительная эффективность капельного орошения и дождевания при возделывании овощных культур 112
Цубленок А. В., Бирюкович А. Л. Урожайность и чистая продуктивность фотосинтеза люцерны изменчивой в условиях Белорусского Поозерья 116
Давыдов Е. А., Цыркунова Ю. С. Применение геопространственных технологий для цифровизации проектирования и эксплуатации мелиоративных систем Республики Беларусь..... 121
Васильев В. В. Факторы снижения продуктивности мелиорированных земель..... 126
Вчерашний Е. А. Методические подходы к определению гидромодуля специализированных севооборотов на дерново-подзолистых почвах Беларуси 133

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Материалы Международной научно-практической конференции

Горки, 2–3 апреля 2026 г.

Редактор *Е. П. Савчиц*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*
Компьютерный набор и верстка *Е. А. Вчерашнего*

Подписано в печать 17.09.2026. Формат 60×84 $^{1}/_{16}$. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 8,14. Уч.-изд. л. 7,49.
Тираж 20 экз. Заказ .

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.