



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2026.3.3>

UDC 631.47:004.9

LBC C28.08+T5

DIGITAL TECHNOLOGIES IN AGROCHEMICAL SOIL MONITORING

Ekaterina A. Chernova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Valeria V. Egorova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Yuliya A. Zimina

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. Digital technologies and artificial intelligence systems in particular, are increasingly being used in various fields. This significantly reduces the resources required to collect, process, and analyze large volumes of information and also helps quickly and efficiently develop practical solutions. These technologies are relevant in any field, including agriculture, the industry that ensures the country's food security. The efficiency of agriculture depends on many factors, but primarily on the quality, fertility, and environmental safety of soils. This article presents an overview of domestic research on the application of advanced digital technologies for agrochemical monitoring of agricultural lands. Machine learning, neural network modeling, and cyber-physical systems for assessing soil quality are considered. Particular attention is paid to the use of classification algorithms, regression analysis, and computer vision systems in crop yield forecasting and land degradation monitoring. The article provides recommendations for the feasibility of integrating digital technologies into agricultural and urban land research, taking into account the regional characteristics of our country. Prospects for the development of robotic solutions and nanotechnology in precision agriculture are discussed.

Key words: agrochemical monitoring, artificial intelligence, machine learning, soil fertility, remote sensing, digital technologies, computer vision.

Citation. Chernova E.A., Egorova V.V., Zimina Yu.A. Digital Technologies in Agrochemical Soil Monitoring. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2026, vol. 16, no. 3, pp. 21-33. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2026.3.3>

УДК 631.47:004.9

ББК C28.08+T5

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОХИМИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ПОЧВ

Екатерина Андреевна Чернова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Валерия Вячеславовна Егорова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Юлия Александровна Зимина

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Цифровые технологии и, в частности, системы искусственного интеллекта, находят все большее применение в различных сферах деятельности человека. Это значительно сокращает ресурсы на сбор, обработку, анализ большого объема информации, а также помогает быстро и эффективно выработать

практически значимые решения. Данные технологии актуальны в любой сфере, в том числе в сельском хозяйстве, отрасли, которая обеспечивает продовольственную безопасность страны. Эффективность сельского хозяйства зависит от многих факторов, но в первую очередь от качества, плодородия, экологической безопасности почв. В статье представлен обзор отечественных исследований в области применения передовых цифровых технологий для агрохимического мониторинга сельскохозяйственных земель. Рассмотрены методы машинного обучения, нейросетевого моделирования и киберфизических систем для оценки качества почв. Особое внимание уделено применению алгоритмов классификации, регрессионного анализа и систем компьютерного зрения в задачах прогнозирования урожайности и мониторинга деградации земель. В статье приведены рекомендации по возможности интеграции цифровых технологий в исследования сельскохозяйственных и городских земель с учетом региональных особенностей нашей страны. Показаны перспективы развития робототехнических решений и нанотехнологий в точном земледелии.

Ключевые слова: агрохимический мониторинг, искусственный интеллект, машинное обучение, плодородие почв, дистанционное зондирование, цифровые технологии, компьютерное зрение.

Цитирование. Чернова Е. А., Егорова В. В., Зимина Ю. А. Цифровые технологии в агрохимическом мониторинге почв // Природные системы и ресурсы. – 2026. – Т. 16, № 3. – С. 21–33. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2026.3.3>

Введение

Агрохимический мониторинг почвенного покрова представляет собой систему длительных наблюдений за изменением свойств почв под влиянием антропогенных и природных факторов. Традиционные методы контроля, основанные на периодическом отборе проб и лабораторных анализах, требуют значительных временных и материальных затрат, что ограничивает возможности оперативного реагирования на изменения почвенных параметров [1; 12; 43]. Накопление данных многолетних наблюдений на территории различных регионов России создало предпосылки для внедрения принципиально новых подходов к обработке и интерпретации агрохимической информации.

Развитие вычислительных технологий и методов анализа больших данных открыло возможности для качественного изменения системы мониторинга плодородия почв. Интеграция алгоритмов искусственного интеллекта в процессы обработки агрохимических данных позволяет выявлять сложные закономерности, недоступные при использовании классических статистических методов [36]. Применение технологий машинного обучения обеспечивает построение прогностических моделей с учетом множественных факторов, влияющих на динамику почвенных показателей, что особенно важно в условиях пространственной неоднородности агроландшафтов [28].

Перспективным направлением развития агрохимического мониторинга является использование данных дистанционного зондиро-

вания Земли в сочетании с наземными измерениями. Спектральные характеристики почвенного покрова, получаемые со спутников и беспилотных летательных аппаратов, содержат информацию о концентрации элементов питания и других агрохимических показателях [22; 37]. Обработка этих данных методами компьютерного зрения и глубокого обучения позволяет создавать детальные карты распределения почвенных свойств без проведения трудоемких полевых обследований.

Робототехнические системы и киберфизические комплексы открывают новые возможности для автоматизации процессов мониторинга и управления плодородием почв в режиме реального времени [5; 38]. Интеллектуальные сенсорные сети, размещенные на сельскохозяйственных угодьях, обеспечивают непрерывный сбор данных о состоянии почвенной среды, что критически важно для принятия обоснованных агротехнических решений. Нанотехнологии расширяют арсенал средств точного земледелия, позволяя создавать новые типы удобрений и мелиорантов с контролируемым высвобождением питательных веществ [33].

Данная работа посвящена анализу методов применения искусственного интеллекта и цифровых технологий в системе агрохимического мониторинга почв. *Целью исследования* является анализ современных цифровых технологий в области оценки и прогнозирования изменений агрохимических показателей почв и возможности их применения в России с учетом региональных особенностей.

Методы машинного обучения и другие цифровые технологии в анализе агрохимических данных

Применение алгоритмов машинного обучения для обработки результатов агрохимического мониторинга базируется на возможности автоматического выявления закономерностей в многомерных массивах данных [3]. Методы классификации и регрессии позволяют устанавливать связи между спектральными характеристиками, получаемыми при дистанционном зондировании, и фактическим содержанием элементов питания в почве [22]. Исследования показывают, что алгоритмы случайного леса и градиентного бустинга демонстрируют высокую точность при определении содержания фосфора по данным мультиспектральной съемки, что подтверждает перспективность бесконтактных методов оценки агрохимических показателей.

Нейросетевые технологии находят применение в задачах пространственного моделирования загрязнения и деградации почв на территориях, подверженных техногенному воздействию [25]. Многослойные персептроны и сверточные нейронные сети способны аппроксимировать сложные нелинейные зависимости между концентрациями загрязняющих веществ и комплексом природных и антропогенных факторов [4]. Преимуществом нейросетевого подхода является возможность обучения на неполных данных с последующей экстраполяцией результатов на территории, не охваченные регулярным мониторингом.

Ранжирование агротехнологий по эффективности их влияния на почвенное плодородие представляет собой комплексную задачу, требующую учета множественных биологических и агрохимических показателей. Применение искусственных нейронных сетей для анализа индексов микробиологической активности и параметров плодородия позволяет выявлять наиболее перспективные системы обработки почвы и применения удобрений [9]. Такой подход обеспечивает объективную оценку агротехнических приемов на основе интегральных критериев, что важно для формирования рекомендаций по оптимизации систем земледелия в различных природно-климатических зонах.

Картографирование содержания и запасов органического углерода в почвах требует интеграции данных различной природы и пространственного разрешения. Методы геостатистического анализа в сочетании с алгоритмами машинного обучения используются для создания цифровых почвенных карт на региональном и локальном уровнях [50]. Кригинг с внешним дрейфом и регрессионный кригинг позволяют учитывать взаимосвязи между содержанием органического вещества и характеристиками рельефа, растительности, климата, что повышает точность пространственных прогнозов по сравнению с традиционными интерполяционными методами.

Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур на основе агрохимических показателей почв осуществляется с использованием регрессионных моделей и ансамблевых методов машинного обучения [26]. Математические модели, учитывающие содержание подвижных форм азота, фосфора, калия, гумуса, кислотность почвы и метеорологические параметры вегетационного периода, обеспечивают достаточную точность прогнозов для принятия управленческих решений. Программные комплексы, реализующие эти модели, интегрируются с геоинформационными системами, что позволяет визуализировать пространственное распределение ожидаемой продуктивности посевов.

Технологии компьютерного зрения применяются для автоматизированной оценки деградации земель сельскохозяйственного назначения по данным мультиспектральной съемки [34]. Алгоритмы сегментации изображений и классификации пикселей позволяют выделять участки с признаками эрозии, засоления, переуплотнения почв. Глубокие сверточные сети обучаются распознавать визуальные паттерны, характерные для различных типов деградации, что обеспечивает масштабируемость мониторинга на больших территориях без привлечения экспертов для визуального децифрования снимков.

Интеллектуальные системы мониторинга состояния почвы с использованием беспилотных летательных аппаратов объединяют технологии дистанционного зондирования, машинного обучения и автоматического планирования полетов [37]. Беспилотные лета-

тельные аппараты, оснащенные мультиспектральными и гиперспектральными камерами, осуществляют регулярную съемку полей с высоким пространственным разрешением. Полученные изображения обрабатываются с использованием алгоритмов вычисления вегетационных индексов и классификации почвенного покрова, результаты передаются в центр обработки данных для формирования рекомендаций по дифференцированному внесению удобрений.

Киберфизические системы для мониторинга орошаемых агроценозов интегрируют распределенную сенсорную сеть, систему управления поливом и аналитический модуль на основе методов машинного обучения [5]. Датчики влажности, температуры, электропроводности почвы передают данные в режиме реального времени. Алгоритмы анализируют динамику измеряемых параметров, прогнозируют водный режим и генерируют управляющие сигналы для оросительной системы, обеспечивая оптимальные условия для развития растений с учетом текущего состояния почвенной среды.

Математические модели региональных эталонов используются для нормирования и интерпретации результатов агрохимического мониторинга [27]. Эталонные значения показателей плодородия определяются для участков с различными почвенно-климатическими условиями и системами земледелия. Методы кластерного анализа и многомерного шкалирования позволяют группировать территории со сходными агрохимическими характеристиками, что важно для корректного сравнения данных мониторинга и выявления трендов изменения плодородия. Интеграция этих моделей с системами поддержки принятия решений обеспечивает адаптацию агротехнических рекомендаций к локальным условиям.

Цифровые платформы для агрохимии объединяют инструменты сбора, хранения, обработки и визуализации данных мониторинга почвенного плодородия [6; 42]. Облачные сервисы обеспечивают доступ к аналитическим функциям и базам данных для широкого круга пользователей – от специалистов агрохимических лабораторий до руководителей сельскохозяйственных предприятий. Применение технологий больших данных и распре-

ленных вычислений позволяет обрабатывать информацию с миллионов гектаров сельхозугодий, выявляя закономерности изменения почвенных показателей на региональном и национальном уровнях.

Анализ перспектив применения цифровых технологий в сельском хозяйстве России с учетом региональных особенностей

Ученым и специалистам в области сельского хозяйства приходится решать широкий спектр задач, связанный с агрохимическим мониторингом почв, анализом плодородия, составлением прогнозов, определением нужд почв в удобрениях и мелиорантах. Внедрение в сельскохозяйственные процессы высоких цифровых технологий позволяет существенно повысить их эффективность.

Мониторинг агрохимических показателей плодородия пахотных почв в лесостепной зоне Республики Башкортостан выявил необходимость учета пространственной вариативности содержания гумуса и подвижных форм фосфора при построении прогностических моделей [1]. Длительные наблюдения за динамикой почвенных свойств на территории Присимской лесостепи показали, что традиционные статистические методы недостаточно эффективны для описания нелинейных трендов изменения плодородия. Однако данная задача может быть решена с применением нейросетевых алгоритмов анализа временных рядов агрохимических данных.

Результаты мониторинга плодородия почв в степных районах Костанайской области подтверждают важность интеграции данных дистанционного зондирования с наземными измерениями для повышения репрезентативности оценок [2]. Пространственная неоднородность распределения органического вещества и элементов питания в условиях засушливого климата требует применения геостатистических методов в сочетании с алгоритмами машинного обучения. Картографирование агрохимических показателей на основе спутниковых данных позволит выявлять участки с признаками деградации и оптимизировать размещение точек отбора проб при последующих циклах мониторинга.

Опыт агрохимического обследования почв Воронежской области демонстрирует значимость зональных особенностей при интерпретации результатов мониторинга [30]. Черноземы южных и юго-восточных районов характеризуются различной динамикой изменения кислотности и содержания подвижного фосфора, что необходимо учитывать при калибровке моделей машинного обучения. Применение методов ансамблевого обучения с раздельной настройкой параметров для различных почвенных зон повысит точность прогнозов агрохимических показателей и обеспечит корректность рекомендаций по применению удобрений.

Мониторинг агрохимических свойств мелиорированных дерново-подзолистых почв требует специфических подходов к обработке данных [39]. Гидроморфные почвы характеризуются высокой временной изменчивостью окислительно-восстановительных условий, что влияет на доступность элементов питания для растений. Интеллектуальные системы анализа данных позволяют моделировать динамику агрохимических показателей с учетом режима увлажнения и функционирования дренажных систем, что критически важно для управления плодородием осушенных земель.

Агрохимическое обследование почв Тульской области выявило территории с различной степенью обеспеченности элементами питания, что потребовало разработки дифференцированных систем удобрения [41]. Цифровые технологии обработки результатов мониторинга позволят создавать карты варьирования почвенных показателей с высоким пространственным разрешением, которые могут использоваться для программирования систем точного земледелия. Геоинформационные платформы интегрируют данные агрохимических обследований с информацией об урожайности культур, обеспечивая возможность ретроспективного анализа эффективности агротехнических мероприятий.

Мониторинг плодородия почв аридных территорий юга России характеризуется необходимостью учета экстремальных погодных явлений и их влияния на агрохимические показатели [7; 8; 13–20; 23; 31; 35; 46–49]. Засухи и ливневые осадки вызывают значитель-

ные колебания содержания минерального азота и подвижного калия в почве. Прогностические модели на основе машинного обучения учитывают метеорологические параметры как дополнительные признаки, что повышает точность оценки текущего состояния почвенного плодородия и позволяет корректировать системы удобрения в зависимости от складывающихся погодных условий.

Результаты агрохимического мониторинга почв Бахчисарайского района демонстрируют специфику горно-предгорных территорий с разнообразием типов почв на ограниченном пространстве [44]. Высокая пространственная гетерогенность агрохимических показателей требует применения методов сегментации территории на однородные участки перед построением регрессионных моделей. С помощью алгоритмов кластеризации можно обеспечить корректность статистической обработки результатов исследования почв.

Особую роль играет агрохимический мониторинг почв для регионов, которые большую часть года подвержены низким температурам. К таким регионам относится, к примеру, Тюменская область. В холодном климате разложение растительных остатков, накопление питательных элементов в почвах происходят с региональными особенностями. Данная ситуация требует изменений в стандартных моделях прогнозирования динамики плодородия почв и урожайности [12]. Алгоритмы нейросетей могут обучаться на базе региональных данных, что обеспечит более точные прогнозы.

Агрохимический мониторинг почв Липецкой области проводится на протяжении многих десятилетий с целью изучения динамики содержания гумуса, фосфора, серы, калия и других важных свойств почв [29]. Применение современных геоинформационных систем для визуализации пространственно-временной динамики показателей плодородия, интеграция данных многолетних наблюдений в единую цифровую платформу позволит выявлять долгосрочные тренды изменения агрохимических свойств почв и оценивать эффективность реализуемых программ воспроизводства плодородия.

Робототехника открывает принципиально новые возможности для автоматизации

различных сельскохозяйственных процессов, например, для внесения удобрений [38]. Современные роботизированные системы могут использоваться также для отбора проб почвы и полевого экспресс-анализа агрохимических показателей. Мобильные роботизированные платформы, оснащенные манипуляторами и портативными аналитическими системами, способны автономно перемещаться по полю, осуществлять отбор почвенных образцов в заданных точках и проводить измерения содержания элементов питания методами оптической спектроскопии или электрохимического анализа. Данные могут передаваться сразу в центр обработки, что сокращает время от момента отбора проб до получения результатов и формирования агротехнических рекомендаций.

Нанотехнологии расширяют арсенал средств управления агрохимическими процессами в почве [33]. Наночастицы металлов и их оксидов используются как микроудобрения с повышенной биодоступностью элементов питания. Нанокapsулирование удобрений обеспечивает контролируемое высвобождение питательных веществ в соответствии с потребностями растений на различных фазах развития. Интеллектуальные системы управления с применением наноматериалов учитывают текущее состояние почвенного плодородия по данным мониторинга и оптимизируют дозы и сроки внесения нанопрепаратов для максимизации их агрономической эффективности.

Ретикулярная химия предлагает новые подходы к созданию функциональных материалов для агрохимии на основе металл-органических каркасов [11]. Эти структуры обладают высокой пористостью и способностью к адсорбции различных молекул, что может использоваться для разработки пролонгированных удобрений и средств детоксикации загрязненных почв. Применение методов компьютерного моделирования позволяет проектировать металл-органические каркасы с заданными свойствами, оптимальными для конкретных агрохимических задач. Интеграция этих материалов в системы точного земледелия открывает перспективы для повышения эффективности использования удобрений и снижения экологической нагрузки на агроэкосистемы.

Агрохимический мониторинг почв природоохраненных территорий требует особых подходов, учитывающих необходимость сохранения естественного состояния почвенного покрова [24, 40, 45]. Методы дистанционного зондирования и неразрушающего анализа почв являются предпочтительными для минимизации антропогенного воздействия. Алгоритмы машинного обучения позволяют оценивать агрохимические показатели по спектральным характеристикам растительности и поверхности почвы без необходимости отбора проб, что важно для мониторинга эталонных участков и выявления фоновых трендов изменения почвенных свойств.

Мониторинг агрохимических показателей почв урбанизированных территорий представляет собой специфическую задачу, требующую учета техногенного загрязнения и нарушения почвенного профиля [10; 21]. Агрохимическое обследование почв города Сургута выявило высокую пространственную вариабельность содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов, что необходимо учитывать при оценке пригодности земель для использования в городском озеленении и любительском садоводстве [32]. Цифровые технологии обработки данных мониторинга позволяют создавать карты экологического состояния городских почв и разрабатывать рекомендации по их рекультивации и безопасному использованию.

Заключение

Анализ отечественных исследований в области применения искусственного интеллекта и цифровых технологий в агрохимическом мониторинге почв свидетельствует о формировании нового методологического подхода к оценке и управлению плодородием. Интеграция методов машинного обучения, нейросетевого моделирования и дистанционного зондирования обеспечивает переход от периодических точечных обследований к непрерывному мониторингу состояния почвенного покрова с высоким пространственным и временным разрешением. Стоит отметить, что внедрение подобных технологий в России пока находится на начальной стадии. Это в первую очередь вызвано недостатком специалистов в

области применения цифровых технологий для решения конкретных задач, включая мониторинг состояния сельскохозяйственных земель.

Перспективы развития цифровых технологий в агрохимическом мониторинге связаны с совершенствованием методов глубокого обучения для обработки гиперспектральных данных дистанционного зондирования, созданием автономных робототехнических систем для полевого анализа почв и разработкой интеллектуальных платформ поддержки принятия решений, интегрирующих данные из множественных источников. Развитие технологий интернета вещей и киберфизических

систем обеспечит создание распределенных сенсорных сетей для мониторинга состояния почв в режиме реального времени, что позволит оперативно реагировать на изменения агрохимических показателей и оптимизировать применение удобрений.

Междисциплинарное сотрудничество специалистов в области почвоведения, агрохимии, информатики и робототехники обеспечит создание эффективных инструментов цифровой трансформации системы управления плодородием почв, что будет способствовать устойчивому развитию сельского хозяйства и сохранению почвенных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдульманов, Р. И. Мониторинг агрохимических показателей плодородия пахотных почв Присимской лесостепи Республики Башкортостан / Р. И. Абдульманов, Р. Г. Ихсанов, Р. А. Миндибаев // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 3 (69). – С. 55–57.
2. Алманова, Ж. С. Современное состояние почвенного плодородия пахотных почв Федоровского района Костанайской области / Ж. С. Алманова, С. О. Кенжегулова, М. Е. Калакова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 9. – С. 81–86.
3. Бадмаева, М. Х. К вопросу об особенностях и проблемах применения систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / М. Х. Бадмаева // Вестник Бурятского государственного университета. – 2022. – № 3. – С. 75–83.
4. Басова, И. А. Нейросетевое моделирование загрязнения почв на территории горнопромышленного региона / И. А. Басова, А. А. Миненко, Д. А. Белоусов // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2014. – № 4. – С. 3–9.
5. Боровой, С. Е. Киберфизические системы в мониторинге орошаемых агроценозов / С. Е. Боровой, О. П. Комарова, К. Ю. Козенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2 (70). – С. 552–562.
6. Внедрение компьютерных и инновационных технологий в агрохимию / Х. Чарыева [и др.] // Инновационная наука. – 2024. – Т. 1, № 12-1. – С. 144–146.
7. Водолазко, А. Н. Плодородие каштановых и светло-каштановых почв сухостепной почвенной зоны Волгоградской области / А. Н. Водолазко, Д. А. Ясинский, Е. А. Иванцова // Актуальные вопросы развития аграрной науки в современных экономических условиях : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – с. Солёное Займище, 2015. – С. 147–150.
8. Водолазко, А. Н. Эколого-токсикологическая характеристика почв сухостепной зоны Волгоградской области / А. Н. Водолазко, Е. А. Иванцова // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград : ВолГУ, 2015. – С. 141–147.
9. Воробьев, Н. И. Нейросетевое ранжирование агротехнологий по индексам микробиологической активности почвы и почвенного плодородия: новые возможности статистического анализа / Н. И. Воробьев // Сельскохозяйственная биология. – 2025. – Т. 60, № 1. – С. 70–81.
10. Гордиенко, О. А. Определение запечатанности почвенного покрова урболандшафтов по космическим снимкам (на примере г. Волгограда) / О. А. Гордиенко, Е. А. Иванцова // Материалы научной сессии. Т. 1. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2020. – С. 258–262.
11. Давыдив, М. Я. Ретикулярная химия и перспективы ее применения в агрохимии (обзорная статья) / М. Я. Давыдив // Научный журнал молодых ученых. – 2021. – № 4 (25). – С. 27–33.
12. Евтушкова, Е. П. Мониторинг агрохимических показателей плодородия пахотных почв Тюменской области / Е. П. Евтушкова, А. И. Солошенко // International Agricultural Journal. – 2023. – Т. 66, № 4.
13. Иванцова, Е. А. Защита почв от эрозии и воспроизводство плодородия почвенного покрова в Нижневолжском регионе / Е. А. Иванцова // Современные тенденции развития аграрного комплекса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – с. Солёное Займище, 2016. – С. 356–359.

14. Иванцова, Е. А. Использование геоинформационных технологий и космических снимков для анализа агроландшафтов / Е. А. Иванцова, И. А. Комарова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 2 (62). – С. 357–366.
15. Иванцова, Е. А. Качество почв земель сельскохозяйственного назначения сухостепной почвенной зоны Волгоградской области / Е. А. Иванцова, А. Н. Водолазко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2 (50). – С. 150–157.
16. Иванцова, Е. А. Ландшафтно-экологическая оптимизация землепользования в агроландшафтах степной зоны / Е. А. Иванцова // Инновации и интенсификации производства и переработки сельскохозяйственной продукции : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2015. – С. 525–527.
17. Иванцова, Е. А. Мероприятия по повышению плодородия светло-каштановых почв Волгоградской области / Е. А. Иванцова, А. А. Данилов, В. В. Нестеров // Антропогенная трансформация геопространства: природа, хозяйство, общество : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград : ВолГУ, 2019. – С. 252–256.
18. Иванцова, Е. А. Оптимизация фитосанитарного состояния агробиоценозов Нижнего Поволжья : дис. ... д-ра с.-х. наук / Иванцова Елена Анатольевна. – Саратов, 2009. – 453 с.
19. Иванцова, Е. А. Противоэрозионные мероприятия и воспроизводство плодородия почвенного покрова в Нижневолжском регионе / Е. А. Иванцова // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2016. – № 67. – С. 161–164.
20. Иванцова, Е. А. Устойчивое развитие агроэкосистем / Е. А. Иванцова, А. А. Матвеева, Ю. С. Половинкина // Антропогенная трансформация геопространства: история и современность : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2014. – С. 27–30.
21. Картографирование и оценка степени запечатанности почв города Волгограда / О. А. Гордиенко [и др.] // Почвоведение. – 2019. – № 11. – С. 1383–1392.
22. Классификация содержания фосфора методами машинного обучения по данным дистанционного зондирования Земли / А. М. Бекбаева [и др.] // The Scientific Heritage. – 2020. – № 56-3 (56). – С. 29–36. – DOI: <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2020-56-3-29-36>
23. Комарова, И. А. Лесомелиоративная оценка агроландшафтов Сарпинской низменности по данным дистанционного зондирования / И. А. Комарова, Е. А. Иванцова // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 9. – С. 7–12.
24. Лукин С. В. Результаты мониторинга плодородия почв государственного заповедника «Белогорье» / С. В. Лукин, В. Д. Соловichenko // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 8. – С. 15–17.
25. Матвеева, А. А. Применение интерактивных технологий в контексте формирования экологоориентированной личности будущих специалистов / А. А. Матвеева, Е. А. Иванцова // Вестник Нижневолжского государственного университета. – 2018. – № 2. – С. 68–74.
26. Математические модели и программный комплекс по прогнозированию урожайности сельскохозяйственных культур / Д. А. Благоев [и др.] // Агротехника и энергообеспечение. – 2019. – № 3 (24). – С. 182–188.
27. Математические модели региональных эталонов в агрохимическом мониторинге почв / Е. Г. Пивоварова [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 8 (178). – С. 54–62.
28. Моделирование и оценка уровня плодородия почвы / Н. И. Джаббаров [и др.] // Инженерные технологии и системы. – 2024. – Т. 34, № 3. – С. 407–423.
29. Мониторинг агрохимических показателей почв Липецкой области / П. А. Чекмарев [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 8. – С. 9–16.
30. Мониторинг агрохимических показателей почв юго-восточных и южных районов Воронежской области / М. А. Жабин [и др.] // Агрохимический вестник. – 2014. – № 2. – С. 4–7.
31. Мониторинг плодородия почв Ставропольского края: динамика агрохимических показателей с учетом зональных особенностей почв / В. Н. Ситников [и др.] // Агрохимический вестник. – 2018. – № 4. – С. 8–13.
32. Наконечный, Н. В. Агрохимический мониторинг почв города Сургута / Н. В. Наконечный, А. И. Фахрутдинов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 1–8. – С. 2054–2060.
33. Наночастицы и нанотехнологии в агрохимии / О. Ю. Лобанкова [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. – 2022. – № 4 (48). – С. 30–34.
34. О применении технологии компьютерного зрения в задаче мониторинга деградации земель сельскохозяйственного назначения / Р. Д. Тишина [и др.] // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2024. – № 5. – С. 318–322.
35. Особенности возделывания подсолнечника на черноземных почвах Волгоградской области / Н. Ю. Петров [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 4 (24). – С. 37–43.

36. Петровская, Ю. Д. Применение искусственного интеллекта для целей мониторинга загрязнения земель / Ю. Д. Петровская, Е. В. Краснянская // Вестник науки. – 2025. – № 5 (86). – С. 2084–2090.
37. Ринас Н. А. Анализ интеллектуальных систем мониторинга состояния почвы с использованием беспилотных летательных аппаратов / Н. А. Ринас, М. С. Косников // Региональная и отраслевая экономика. – 2025. – № 1. – С. 17–23. – DOI: <https://doi.org/10.47576/2949-1916.2025.1.1.002.14>
38. Робототехника в агрохимии точного земледелия / А. Ю. Измайлов [и др.] // Плодородие. – 2018. – № 1 (100). – С. 53–57.
39. Рублюк, М. В. Мониторинг агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы мелиорированных агроландшафтов / М. В. Рублюк, Д. А. Иванов // Плодородие. – 2019. – № 2 (107). – С. 28–30.
40. Ряснов, В. А. Применение метода дешифрирования космоснимков при оценке состояния лесных ценозов Волго-Ахтубинской поймы / В. А. Ряснов, Е. А. Иванцова // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград : ВолГУ, 2015. – С. 204–209.
41. Саидов, М. М. Агрохимический мониторинг почв земель сельскохозяйственного назначения в Тульской области / М. М. Саидов, Г. А. Новикова, Е. М. Молчанова // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 12. – С. 51–55.
42. Семионова, А. К. Цифровые технологии в агрохимии: новая эра повышения урожайности и устойчивости / А. К. Семионова // Научный журнал молодых ученых. – 2024. – № 5 (40). – С. 37–42.
43. Снижение негативного воздействия на агроценозы путем управления примыкающими природно-антропогенными системами / Е. А. Иванцова [и др.] // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. – 2017. – Т. 19, № 4 (41). – С. 138–146. – DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2017.4.15>
44. Соцкова, Л. М. Мониторинг агрохимических показателей почв сельскохозяйственного назначения бахчисарайского района / Л. М. Соцкова, Я. И. Чернов // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2024. – № 4. – С. 86–98.
45. Холоденко, А. В. Анализ формирования и современное состояние сети особо охраняемых природных территорий Волгоградской области / А. В. Холоденко, Е. А. Иванцова, Л. В. Полосина // Биоразнообразие, рациональное использование биологических ресурсов и биотехнологии : материалы Междунар. науч.-практ. онлайн-конф. – Астрахань, 2021. – С. 161–164.
46. Экобиотехнологии оптимизации аридных фитоценозов юго-востока европейской части России / Е. А. Иванцова [и др.]. – Волгоград, 2019. – 76 с.
47. Ясинский, Д. А. Агроэкологический мониторинг каштановых и светло-каштановых почв сухостепной зоны Волгоградской области / Д. А. Ясинский, Е. А. Иванцова // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2015. – С. 218–224.
48. Ecological Aspects Phytosanitary Optimization of Arid Agrobiocenoses of the South of Russia / E.A. Ivantsova [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2017. – Vol. 23, № 5. – P. 834–842.
49. Heavy Metals in Suburban Ecosystems of Industrial Centres and Ways of Their Reduction / N.B. Onistratenko [et al.] // Ekologia (Bratislava). – 2016. – Vol. 35, № 3. – P. 205–212.
50. Mapping of Soil Organic Carbon Content and Stocks at the Regional and Local Levels: The Analysis of Modern Methodological Approaches / N. V. Gopp [et al.] // Forest Science Issues. – 2023. – Vol. 6, № 4. – P. 1–46.

REFERENCES

1. Abdulmanov R.I., Ikhsanov R.G., Mindibaev R.A. Monitoring agrokhimicheskikh pokazatelej plodorodija pakhotnykh pochv Prisimskoj lesostepi Respubliki Bashkortostan [Monitoring of Agrochemical Indicators of Arable Soil Fertility in the Prisim Forest-Steppe of the Republic of Bashkortostan]. *Agrarnyj vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2010, no. 3 (69), pp. 55–57.
2. Almanova Zh.S., Kenzhegulova S.O., Kalakova M.Je. Sovremennoje sostojanije pochvennogo plodorodija pakhotnykh pochv Fedorovskogo rajona Kostanajskoj oblasti [Current State of Soil Fertility of Arable Soils in the Fedorovsky District of the Kostanay Region]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj selskokhozjajstvennoj akademii* [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy], 2021, no. 9, pp. 81–86.
3. Badmajeve M.Kh. K voprosu ob osobennostjakh i problemakh primenenija sistem iskusstvennogo intellekta v selskom khozjajstve [On the Features and Problems of Applying Artificial Intelligence Systems in Agriculture]. *Vestnik Burjatskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Buryat State University], 2022, no. 3, pp. 75–83.

4. Basova I.A., Minenko A.A., Belousov D.A. Nejrosetevoje modelirovanije zagryaznenija pochv na territorii gornopromyshlennogo regiona [Neural Network Modeling of Soil Pollution in a Mining Region]. *Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle* [Bulletin of the Tula State University. Earth Sciences], 2014, no. 4, pp. 3-9.
5. Borovoj S.Je., Komarova O.P., Kozenko K.Ju. Kiberfizicheskiye sistemy v monitoringe oroshajemykh agrotsenozov [Cyber-Physical Systems in Monitoring Irrigated Agroecosystems]. *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheje professionalnoje obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], 2023, no. 2 (70), pp. 552-562.
6. Charyyeva H., Garajayeva E., Garlyyeva A., Menliyeva G. Vnedrenije komp'yuternykh i innovatsionnykh tekhnologiy v agrokhimiju [Implementation of Computer and Innovative Technologies in Agrochemistry]. *Innovatsionnaya nauka* [Innovative Science], 2024, vol. 1, no. 12-1, pp. 144-146.
7. Vodolazko A.N., Jasinskij D.A., Ivantsova E.A. Plodorodije kashtanovykh i svetlo-kashtanovykh pochv suhostepnoj pochvennoj zony Volgogradskoj oblasti [Fertility of Chestnut and Light Chestnut Soils in the Dry Steppe Zone of the Volgograd Region]. *Aktualnyje voprosy razvitiya agrarnoj nauki v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyakh: materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchennykh* [Current Issues in the Development of Agricultural Science in Modern Economic Conditions. Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference of Young Scientists]. Solenoje Zajmishche, 2015, pp. 147-150.
8. Vodolazko A.N., Ivantsova E.A. Ekologo-toksikologicheskaja kharakteristika pochv suhostepnoj zony Volgogradskoj oblasti [Ecological and Toxicological Characteristics of Soils in the Dry Steppe Zone of the Volgograd Region]. *Ekologicheskaja bezopasnost i okhrana okruzhajushchej sredy v regionakh Rossii: teorija i praktika: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Environmental Safety and Environmental Protection in Russian Regions: Theory and Practice. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Volgograd, VolGU, 2015, pp. 141-147.
9. Vorobjov N.I. Nejrosetevoje ranzhirovanije agrotekhnologiy po indeksam mikrobiologicheskoy aktivnosti pochvy i pochvennogo plodorodija: novyye vozmozhnosti statisticheskogo analiza [Neural Network Ranking of Agricultural Technologies Based on Indices of Soil Microbiological Activity and Soil Fertility: New Possibilities of Statistical Analysis]. *Selskokhozjajstvennaja biologija* [Agricultural Biology], 2025, vol. 60, no. 1, pp. 70-81.
10. Gordijenko O.A., Ivantsova E.A. Opredelenije zapechatannosti pochvennogo pokrova urbolandshaftov po kosmicheskim snimkam (na primere g. Volgograda) [Determination of the Sealing of Urban Landscapes' Soil Cover Using Space Images (Using the Example of Volgograd)]. *Materialy nauchnoj sessii. T. 1* [Proceedings of the Scientific Session. Vol. 1]. Volgograd, Izd-vo VolGU, 2020, pp. 258-262.
11. Davydiv M.Ja. Retikuljarnaja khimiia i perspektivy jeje primeneniya v agrokhimii (obzornaja statja) [Reticular Chemistry and Prospects For its Application in Agricultural Chemistry (Review Article)]. *Nauchnyj zhurnal molodykh uchennykh* [Scientific Journal of Young Scientists], 2021, no. 4 (25), pp. 27-33.
12. Jevtushkova Je.P., Soloshenko A.I. Monitoring agrokhimicheskikh pokazatelej plodorodija pakhotnykh pochv Tjumenskoj oblasti [Monitoring of Agrochemical Indicators of Fertility of Arable Soils in the Tyumen Region]. *International Agricultural Journal*, 2023, vol. 66, no. 4.
13. Ivantsova E.A. Zashchita pochv ot erozii i vosproizvodstvo plodorodija pochvennogo pokrova v Nizhnevolzhskom regione [Soil Protection from Erosion and Soil Fertility Restoration in the Lower Volga Region]. *Sovremennyye tendencii razvitiya agrarnogo kompleksa: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Modern Trends in the Development of the Agricultural Complex. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Solenoje Zajmishche, 2016, pp. 356-359.
14. Ivantsova E.A., Komarova I.A. Ispolzovanie geoinformacionnykh tekhnologiy i kosmicheskikh snimkov dlja analiza agrolandshaftov [The Use of Geoinformation Technologies and Satellite Images for the Analysis of Agricultural Landscapes]. *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheje professionalnoje obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], 2021, no. 2 (62), pp. 357-366.
15. Ivantsova E.A., Vodolazko A.N. Kachestvo pochv zemel selskokhozjajstvennogo naznachenija suhostepnoj pochvennoj zony Volgogradskoj oblasti [Soil Quality of Agricultural Lands in the Dry Steppe Zone of the Volgograd Region]. *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheje professionalnoje obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], 2018, no. 2 (50), pp. 150-157.
16. Ivantsova E.A. Landshaftno-ekologicheskaja optimizacija zemlepolzovaniya v agrolandshaftakh stepnoj zony [Landscape and Ecological Optimization of Land Use in Agro-Landscapes of the Steppe Zone]. *Innovacii i intensifikacii proizvodstva i pererabotki selskokhozjajstvennoj produkcii: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Innovations and Intensification of Agricultural Production and Processing. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Volgograd, 2015, pp. 252-257.

17. Ivantsova E.A., Danilov A.A., Nesterov V.V. Meroprijatija po povyshenju plodorodija svetlo-kashtanovykh pochv Volgogradskoj oblasti [Measures to Improve the Fertility of Light Chestnut Soils in the Volgograd Region]. *Antropogennaja transformacija geoprostranstva: priroda, khozjajstvo, obshchestvo: materialy V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Anthropogenic Transformation of Geospace: Nature, Economy, and Society. Proceedings of the Fifth International Scientific and Practical Conference]. Volgograd, VolGU, 2019, pp. 252-256.
18. Ivantsova E.A. *Optimizacija fitosanitarnogo sostojanija agrobiocенозов Nizhnego Povolzhja: dis. ... d-ra s.-kh. nauk* [Optimization of the Phytosanitary State of the Lower Volga Region Agrobiocenoses. Dr. Agriculture sci. diss.]. Saratov, 2009. 453 p.
19. Ivantsova E.A. Protivoerozionnyje meroprijatija i vosproizvodstvo plodorodija pochvennogo pokrova v Nizhnevozhlskom regione [Erosion Control Measures and Reproduction of Soil Fertility Cover in the Lower Volga Region]. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchogo centra RAN* [Proceedings of the Institute of Geology, Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2016, no. 67, pp. 161-164.
20. Ivantsova E.A., Matvejeva A.A., Polovinkina Ju.S. Ustojchivoje razvitije agroecosystem [Sustainable Development of Agroecosystems]. *Antropogennaja transformacija geoprostranstva: istorija i sovremennost: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Anthropogenic Transformation of Geospatial Space: History and Modernity. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Volgograd, 2014, pp. 27-30.
21. Gordijenko O.A., Manajenkov I.V., Kholodenko A.V., Ivantsova E.A. Kartografirovaniye i otsenka stepeni zapechatannosti pochv goroda Volgograda [Mapping and Assessment of the Degree of Soil Sealing in Volgograd]. *Pochvovedeniye* [Soil Science], 2019, no. 11, pp. 1383-1392.
22. Bekbaeva A.M., Mazhrenova Sh.K., Jermekov F.K., Tokbergenov I.T., Kurishbajev A.K. Klassifikatsiya sodержaniya fosfora metodami mashinnogo obuchenija po dannym distantsionnogo zondirovaniya Zemli [Classification of Phosphorus Content by Machine Learning Methods Based on Earth Remote Sensing Data]. *The Scientific Heritage*, 2020, no. 56-3 (56), pp. 29-36. DOI: <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2020-56-3-29-36>
23. Komarova I.A., Ivantsova E.A. Lesomeliorativnaja ocenka agrolandshaftov Sarpinskoj nizmennosti po dannym distantsionnogo zondirovaniya [Forest Reclamation Assessment of Agro-Landscapes in the Sarpinskaya Lowland Based on Remote Sensing Data]. *Uspekhi sovremennogo jestestvoznaniya* [The Successes of Modern Natural Science], 2020, no. 9, pp. 7-12.
24. Lukin S.V., Solovichenko V.D. Rezultaty monitoringa plodorodija pochv gosudarstvennogo zapovednika «Belogorje» [Results of Soil Fertility Monitoring in the Belogorye State Nature Reserve]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex], 2008, no. 8, pp. 15-17.
25. Matvejeva A.A., Ivantsova E.A. Primeneniye interaktivnykh tekhnologij v kontekste formirovaniya ekologoorientirovannoj lichnosti budushchikh specialistov [Application of Interactive Technologies in the Context of Forming an Environmentally Oriented Personality of Future Specialists]. *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Nizhnevartovsk State University], 2018, no. 2, pp. 68-74.
26. Blagov D.A., Mitrofanov S.V., Nikitin V.S., Panferov N.S., Pestrjakov E.V. Matematicheskiye modeli i programmnyj kompleks po prognozirovaniyu urozhajnosti selskokhozjajstvennykh kultur [Mathematical Models and Software Package For Forecasting Crop Yields]. *Agrotekhnika i energoobespecheniye* [Agricultural Engineering and Energy Supply], 2019, no. 3 (24), pp. 182-188.
27. Pivovarova Je.G., Konontseva Je.V., Khludentsov Zh.G., Averjanova I.P. Matematicheskiye modeli regionalnykh etalonov v agrokhimicheskom monitoringe pochv [Mathematical Models of Regional Standards in Agrochemical Monitoring of Soils]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University], 2019, no. 8 (178), pp. 54-62.
28. Dzhabborov N.I., Mishanov A.P., Dobrinov A.V., Saveljev A.P. Modelirovaniye i otsenka urovnya plodorodija pochvy [Modeling and Assessment of the Level of Soil Fertility]. *Inzhenernyye tekhnologii i sistemy* [Engineering Technologies and Systems], 2024, vol. 34, no. 3, pp. 407-423.
29. Chekmarev P.A., Siskevich Ju.I., Brovchenko N.S., Gasijev K.N., Nikulova V.A. Monitoring agrokhimicheskikh pokazatelej pochv Lipetskoj oblasti [Monitoring of Agrochemical Indicators of Soils in the Lipetsk Region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex], 2016, vol. 30, no. 8, pp. 9-16.
30. Zhabin M.A., Mukhina S.V., Konovalov Ju.A., Meshcherjakov S.N. Monitoring agrokhimicheskikh pokazatelej pochv jugo-vostochnykh i juzhnykh rajonov Voronezhskoj oblasti [Monitoring of Agrochemical Indicators of Soils in the South-Eastern and Southern Regions of the Voronezh Region]. *Agrokhimicheskij vestnik* [Agrochemical Bulletin], 2014, no. 2, pp. 4-7.
31. Sitnikov V.N., Jegorov V.P., Jesaulko A.N., Burlai A.V. Monitoring plodorodija pochv Stavropolskogo kraja: dinamika agrokhimicheskikh pokazatelej s uchetom zonalnykh osobennostej pochv [Monitoring Soil Fertility in

Stavropol Krai: Dynamics of Agrochemical Indicators Taking Into Account Zonal Soil Features]. *Agrokhimicheskij vestnik* [Agrochemical Bulletin], 2018, no. 4, pp. 8-13.

32. Nakonechnyj N.V., Fakhrutdinov A.I. Agrokhimicheskij monitoring pochv goroda Surguta [Agrochemical Monitoring of Soils in the City of Surgut]. *Izvestija Samarskogo nauchnogo tsentra Rossijskoj akademii nauk* [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2012, vol. 14, no. 1-8, pp. 2054-2060.

33. Lobankova O.Ju., Agejev V.V., Belovolova A.A., Gromova N.V. Nanochastitsy i nanotekhnologii v agrokhimii [Nanoparticles and Nanotechnology in Agrochemistry]. *Vestnik APK Stavropol'ja* [Bulletin of the APK of Stavropol], 2022, no. 4 (48), pp. 30-34.

34. Tishina R.D., Volobujev G.A., Grecheneva A.V., Shevtsova E.R. O primenenii tekhnologij kompiuternogo zrenija v zadache monitoringa degradatsii zemel selskokhozhajstvennogo naznachenija [On the Application of Computer Vision Technology in Monitoring the Degradation of Agricultural Lands]. *Izvestija TulGU. Tekhnicheskije nauki* [Izvestiya Tula State University], 2024, no. 5, pp. 318-322.

35. Petrov N.Ju., Ivantsova E.A., Semenenko S.Ja., Pinashkin N.N. Osobennosti vozdeljvanija podsolnechnika na chernozemnykh pochvakh Volgogradskoj oblasti [Features of Sunflower Cultivation on Black Earth Soils in the Volgograd Region]. *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheje professionalnoje obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], 2011, no. 4 (24), pp. 37-43.

36. Petrovskaya Yu.D., Krasnyanskaya E.V. Primenenije iskusstvennogo intellekta dlja tselej monitoringa zagryaznenija zemel [Application of Artificial Intelligence For the Purposes of Monitoring Land Pollution]. *Vestnik nauki* [Bulletin of Science], 2025, no. 5 (86), pp. 2084-2090.

37. Rinas N.A., Kosnikov M.S. Analiz intellektualnykh sistem monitoringa sostojanija pochvy s ispolzovanijem bespilotnykh letatelnykh apparatov [Analysis of Intelligent Systems for Monitoring Soil Condition Using Unmanned Aerial Vehicles]. *Regionalnaja i otraslevaja ekonomika* [Regional and Industry Economics], 2025, no. 1, pp. 17-23. DOI: <https://doi.org/10.47576/2949-1916.2025.1.1.002.14>

38. Izmajlov A.Ju., Godzhajev Z.A., Sychev V.G., Afanasjev R.A. Robototekhnika v agrokhimii tochnogo zemledelija [Robotics in Precision Farming Agrochemistry]. *Plodorodije* [Fertility], 2018, no. 1 (100), pp. 53-57.

39. Rubljuk M.V., Ivanov D.A. Monitoring agrokhimicheskikh svojstv dernovo-podzolistoj pochvy meliorirovannykh agrolandschaftov [Monitoring of Agrochemical Properties of Sod-Podzolic Soil of Reclaimed Agricultural Landscapes]. *Plodorodije* [Fertility], 2019, no. 2 (107), pp. 28-30.

40. Rjasnov V.A., Ivantsova E.A. Primenenije metoda deshifirovanija kosmosnimkov pri ocenke sostojanija lesnykh tsenozov Volgo-Ahtubinskoj pojmy [Application of the Space Image Interpretation Method in Assessing the Condition of Forest Cenoses in the Volga-Akhtuba Floodplain]. *Ecologicheskaja bezopasnost i okhrana okruzhajushchej sredy v regionakh Rossii: teorija i praktika: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Environmental Safety and Environmental Protection in Russian Regions: Theory and Practice: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Volgograd, VolGU, 2015, pp. 204-209.

41. Saidov M.M., Novikova G.A., Molchanova Je.M. Agrokhimicheskij monitoring pochv zemel selskokhozhajstvennogo naznachenija v Tulskej oblasti [Agrochemical Monitoring of Soils of Agricultural Lands in the Tula Region]. *Dostizhenija nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex], 2016, vol. 30, no. 12, pp. 51-55.

42. Semionova A.K. Tsifrovye tekhnologii v agrokhimii: novaja era povyshenija urozhajnosti i ustojchivosti [Digital Technologies in Agrochemistry: A New Era of Increasing Productivity and Sustainability]. *Nauchnyj zhurnal molodykh uchennykh* [Scientific Journal of Young Scientists], 2024, no. 5 (40), pp. 37-42.

43. Ivantsova E.A., Onistratenko N.V., Kholodenko A.V., Tikhonova A.A., Novochadov V.V. Snizhenije Negativnogo vozdejstviya na agrocenozy putem upravlenija primykajushchimi prirodno-antropogennymi sistemami [Reduction of the Negative Impact on Agrocenoses by Managing Adjacent Natural and Anthropogenic Systems]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Ekonomika. Ekologiya* [Science Journal of Volgograd State University. Global Economic System], 2017, vol. 19, no. 4 (41), pp. 138-146. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2017.4.15>

44. Sotskova L.M., Chernov Ja.I. Monitoring agrokhimicheskikh pokazatelej pochv selskokhozhajstvennogo naznachenija bakhchisarajskogo rajona [Monitoring of Agrochemical Indicators of Agricultural Soils in the Bakhchisarai District]. *Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija* [Scientific Notes of the Crimean Federal University Named After V.I. Vernadsky. Geography. Geology], 2024, no. 4, pp. 86-98.

45. Kholodenko A.V., Ivantsova E.A., Polosina L.V. Analiz formirovanija i sovremennoje sostojanije seti osobo ohranjajemykh prirodnykh territorij Volgogradskoj oblasti [Analysis of the Formation and Current State of the Network of Specially Protected Natural Areas in the Volgograd Region]. *Bioraznoobrazije, ratsionalnoje ispolzovanie*

biologicheskikh resursov i biotekhnologii: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. onlayn-konf. [Biodiversity, Sustainable Use of Biological Resources, and Biotechnology. Proceedings of the International Scientific and Practical Online Conference]. Astrakhan, 2021, pp. 161-164.

46. Ivantsova E.A., Novochadov V.V., Rulev A.S., Postnova M.V. *Ecobiotekhnologii optimizacii aridnykh fitocenozov jugo-vostoka jevropejskoj chasti Rossii* [Ecobiotechnology Optimization of Arid Phytocenoses in the South-East of the European Part of Russia]. Volgograd, 2019, p. 76.

47. Jasinskij D.A., Ivantsova E.A. Agroecologicheskij monitoring kashtanovykh i svetlo-kashtanovykh pochv sukhostepnoj zony Volgogradskoj oblasti [Agroecological Monitoring of Chestnut and Light Chestnut Soils in the Dry Steppe Zone of the Volgograd Region]. *Ecologicheskaja bezopasnost i okhrana okruzhayushchej sredy v regionakh Rossii: teorija i praktika: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Environmental Safety and Environmental Protection in Russian Regions: Theory and Practice. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Volgograd, 2015, pp. 218-224.

48. Ivantsova E.A., Novochadov V.V., Onistratenko N.V., Postnova N.V. Ecological Aspects Phitosanitary Optimization of Arid Agrobiocenoses of the South of Russia. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2017, vol. 23, no. 5, pp. 834-842.

49. Onistratenko N.B., Ivantsova E.A., Denysov A.A., Solodovnicov D.A. Heavy Metals in Suburban Ecosystems of Industrial Centres and Ways of Their Reduction. *Ekologia (Bratislava)*, 2016, vol. 35, no. 3, pp. 205-212.

50. Gopp N.V., Meshalkina J.L., Narykova A.N., Plotnikova A.S., Chernova O.V. Mapping of Soil Organic Carbon Content and Stocks at the Regional and Local Levels: The Analysis of Modern Methodological Approaches. *Forest Science Issues*, 2023, vol. 6, no. 4, pp. 1-46.

Information About the Authors

Ekaterina A. Chernova, Student, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, ef995111@gmail.com

Valeria V. Egorova, Student, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, valeriya_yegorovaaaa@mail.ru

Yuliya A. Zimina, Candidate of Sciences (Chemistry), Associate Professor, Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, ziminaua@mail.ru

Информация об авторах

Екатерина Андреевна Чернова, студент, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, ef995111@gmail.com

Валерия Вячеславовна Егорова, студент, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, valeriya_yegorovaaaa@mail.ru

Юлия Александровна Зими́на, кандидат химических наук, доцент кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, ziminaua@mail.ru