 © Авторы статьи / Authors of the article

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО/GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

DOI: https://doi.org/10.60797/JAE.2026.72.20 EDN: PCEMAK

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ДЗЗ И ГИС В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

Научная статья

Ерунова М.Г.[1,] *, Якубайлик О.Э.[2]
[1] ORCID : 0000-0002-1922-1036;
[2] ORCID : 0000-0002-2668-4776;
[1] Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Российская Федерация
[2] Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (marina.erunova[at]gmail.com)

Предложена: 24.07.2026; Принята: 11.08.2026; Опубликована: 19.08.2026

Аннотация

Представлены результаты апробации цифровой платформы агроэкологического мониторинга на территории опытно-производственных хозяйств ФИЦ КНЦ СО РАН в Красноярском крае. Платформа интегрирует данные дистанционного зондирования Земли (спутниковая съемка и аэросъемка с БПЛА), геоинформационные системы и наземные наблюдения. Описана трехуровневая архитектура сбора данных (спутниковый, беспилотный и наземный мониторинг) и информационно-вычислительное обеспечение платформы. Приведены результаты апробации платформы по оценке природно-ресурсного потенциала агроландшафтов, агроморфологическому анализу рельефа, дистанционной диагностике состояния посевов и сортовой идентификации, мониторингу залежных земель, а также оценке продуктивности агроценозов в зависимости от систем удобрения. На примере ОПХ «Минино» показано, что введение поправочных коэффициентов на крутизну и экспозицию склонов, а также степень деградации почв, позволило рассчитать дифференцированную балльную оценку природно-ресурсного потенциала для каждого поля (39,1–46,7 балла). На основе цифровой модели рельефа ОПХ «Курагинское», построенной по данным аэрофотосъемки с БПЛА, выявлены участки с крутизной склонов свыше 5°, рекомендованные к выводу из севооборота. Разработанные подходы формируют научно-методическую базу для цифровизации сельского хозяйства Красноярского края.

Ключевые слова: агроэкологический мониторинг, ГИС, ДЗЗ, БПЛА, вегетационные индексы, адаптивно-ландшафтное земледелие.

A DIGITAL PLATFORM FOR AGRO-ECOLOGICAL MONITORING BASED ON THE INTEGRATION OF ERS AND GIS IN KRASNOYARSK KRAI

Research article

Erunova M.G.[1,] *, Yakubailik O.E.[2]
[1] ORCID : 0000-0002-1922-1036;
[2] ORCID : 0000-0002-2668-4776;
[1] Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation
[2] Institute of Computational Modeling of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation

* Corresponding author (marina.erunova[at]gmail.com)

Suggested: 24.07.2026; Accepted: 11.08.2026; Published: 19.08.2026

Abstract

The paper presents the results of field tests of a digital platform for agro-ecological monitoring carried out at the experimental and production farms of the FRC KSC of the SB of the RAS in Krasnoyarsk Krai. The platform integrates Earth remote sensing data (satellite imagery and UAV aerial photography), geographic information systems and ground-based observations. A three-level data collection architecture (satellite, unmanned aerial and ground-based monitoring) and the platform's information and computing infrastructure are described. The results of testing the platform for assessing the natural resource potential of agricultural landscapes, agro-morphological analysis of the relief, remote diagnosis of crop condition and variety identification, monitoring of fallow land, and assessment of the productivity of agrocenoses depending on fertilisation systems are presented. On the example of the "Minino" EPF, it is shown that the introduction of correction factors for slope steepness and aspect, as well as the degree of soil degradation, made it possible to calculate a differentiated score for the natural resource potential of each field (39.1–46.7 points). Based on a digital elevation model of the "Kuraginskoe" EPF, constructed using aerial photography data from a UAV, areas with slope gradients exceeding 5° were identified and recommended for exclusion from crop rotation. The approaches developed form the scientific and methodological basis for the digitalisation of agriculture in Krasnoyarsk Krai.

Keywords: agro-ecological monitoring, GIS, ERS, UAV, vegetation indices, adaptive landscape farming.

 © Авторы статьи / Authors of the article

Введение

Современное сельское хозяйство переживает этап глубокой цифровой трансформации, где ключевая роль отводится технологиям дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и геоинформационным системам (ГИС) [1], [2]. Эти инструменты формируют основу для эффективного управления земельными ресурсами, оптимизации производства и принятия точных управленческих решений. Использование ДЗЗ и ГИС позволяет перейти к принципам точного земледелия, где внесение удобрений, средств защиты растений, а также использование мелиоративных приёмов осуществляется дифференцированно, что не только снижает производственные затраты, но и минимизирует негативное воздействие на окружающую среду, способствует росту продуктивности и экономической эффективности агроценозов, укреплению продовольственной безопасности [2], [3].

В России цифровизация агропромышленного комплекса (АПК) определена как стратегическое направление. Распоряжение Правительства РФ от 06.03.2026 № 436-р определяет приоритетные задачи: достижение «цифровой зрелости» отрасли и импортозамещение ПО [4]. Федеральный закон от 08.08.2024 № 299-ФЗ предусматривает создание государственной информационной системы цифровых сервисов в сфере сельского хозяйства [5].

В Красноярском крае сельскохозяйственные земли занимают около 15% территории и отличаются значительной протяженностью и неоднородностью, что обусловливает необходимость создания эффективных систем агроэкологического мониторинга. В рамках данного направления сотрудниками Красноярского научного центра СО РАН ведутся исследования по созданию информационно-вычислительного обеспечения для агроэкологического мониторинга.

Цель данной работы — представить концептуальную и методическую основу цифровой платформы агроэкологического мониторинга для агроландшафтов Красноярского края и продемонстрировать ее возможности на примере решения прикладных задач в опытно-производственных хозяйствах региона.

Методы и принципы исследования

Апробация платформы проведена на территории опытно-производственных хозяйств Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН»: ОПХ «Минино» (Емельяновский район), ОПХ «Курагинское» (Курагинский район), ОПХ «Михайловское» (Ужурский район) и Зареченский стационар (Тюхтетский район).

Информационно-вычислительное обеспечение разработанной платформы аграрного мониторинга представляет собой комплекс взаимосвязанных программных компонент – от набора программных модулей и сервисов для автоматизированного сбора и предварительной обработки исходной информации до подсистемы интеграции данных агромониторинга, реализованной в трехуровневой архитектуре, объединяющей клиентское веб-приложение, серверный REST API и гетерогенное хранилище данных. Благодаря разделению логического представления данных и физических механизмов их получения, обеспечивается масштабируемость системы при работе с разнородными пространственно-временными данными, включая спутниковые сцены, крупные БПЛА-растры ортофотопланов (до 100 ГБ) и тематические карты, без необходимости приведения всех источников к единому формату хранения.

Системы сбора исходных данных построены на принципе интеграции трех уровней мониторинга, каждый из которых решает свои задачи и имеет свою периодичность обновления.

Верхний уровень: Спутниковый мониторинг (ДЗЗ) служит для глобального охвата территорий и ретроспективного анализа. Привлечение потоковых данных из открытых архивов (Sentinel, Landsat) и метеорологических спутниковых платформ (NOAA, S-NPP) позволяет эффективно решать задачи крупномасштабного мониторинга и верификации классификации земель [6]. К основным задачам данного уровня относятся: оценка состояния вегетации с помощью спектральных индексов (NDVI, NDRE, GCI, VARI) для выявления дефектов посевов и зон неоднородности; анализ динамики накопления влаги и прецизионное определение границ полей. Для анализа геоморфометрических особенностей макрорельефа территории исследования (расчет уклонов, экспозиций и структуры водосборов) привлечена глобальная цифровая модель рельефа FABDEM (Forest And Buildings removed Copernicus DEM) с пространственным разрешением 30 м, очищенная от искажающего влияния растительного покрова и антропогенных объектов [7]. Для анализа температуры земной поверхности использовались стандартные продукты (LST) MOD11A1 съемочной системы Terra MODIS. Расчет комплексных агроклиматических показателей, оценка рисков (засухи, заморозки) и интерпретация метеоданных реализованы на основе продуктов международной спутниковой миссии Global Precipitation Measurement (GPM) и глобальной численной модели прогноза погоды Global Forecast System (GFS). Периодичность обновления динамических данных составляет от нескольких часов до 2–8 суток (в зависимости от съемочной системы), тогда как параметры макрорельефа (FABDEM) являются статичными.

Средний уровень: Беспилотный мониторинг (БПЛА) обеспечивает высокую детализацию и оперативность на конкретных участках. Авиационный мониторинг осуществляется с применением БПЛА miniSIGMA (самолетного типа) и DJI Matrice 350 RTK (квадрокоптер), оснащенных фотоаппаратом Sony RX1R II, мультиспектральными камерами MicaSense RedEdge-MX и FigSpec FS-50/30. Это позволяет создавать ортофотопланы и цифровые модели рельефа с разрешением до 5 см/пикс. Основные возможности: сверхточное сканирование для подсчета всходов; построение точных 3D-моделей рельефа для прогнозирования стоков воды и эрозии; выявление очагов болезней, вредителей и сорных трав. Запуск БПЛА осуществляется несколько раз за сезон в критические фазы развития растений.

Нижний уровень: Наземный мониторинг направлен на диагностику почвенного плодородия и оценку физиологического состояния самих растений. Его результаты используются для валидации данных ДЗЗ. Исследования проводятся на базе ОПХ ФИЦ КНЦ СО РАН с применением различных портативных приборов (N-тестер SPAD-502plus, датчики температуры и влажности TR-2V, измеритель влажности почвы FieldScoutTDR 350, и проч.),

 © Авторы статьи / Authors of the article

последующей обработкой данных в лабораторных условиях (агрохимический анализ образцов почвы, дендрохронологические исследования для оценки возраста деревьев и кустарников, растущих на заброшенных полях).

Основные результаты

Апробация разработанной цифровой платформы агроэкологического мониторинга подтвердила ее эффективность для решения широкого спектра прикладных задач.

3.1. Оценка природно-ресурсного потенциала (ПРП)

ПРП агроландшафта представляет собой интегральную характеристику его продуктивности, определяемую климатическими, почвенными и рельефными условиями. Оценка ПРП необходима для обоснованного зонирования земель, проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и планирования противоэрозионных мероприятий. ПРП включает агроклиматические показатели (теплообеспеченность — сумма активных температур выше 10°С, влагообеспеченность — годовая сумма осадков) и бонитет почв [10]. Для учета пространственной неоднородности введены поправочные коэффициенты, полученные на основе ЦМР: крутизна и экспозиция склонов, степень деградации почв. Это позволило не только определить наиболее продуктивные участки и провести точную классификацию земель по степени деградации, но и рассчитать для каждого поля севооборота дифференцированную балльную оценку ПРП (варьирует от 39,1 до 46,7 баллов), что создает фундамент для внедрения адаптивно-ландшафтного земледелия.

3.2. Агроморфологический анализ рельефа

По данным съемки с БПЛА ОПХ «Курагинское» построена цифровая модель рельефа (ЦМР). На ее основе подготовлена карты потенциала плоскостной эрозии (LS-фактор), топографического индекса влажности (TWI), и проч. Анализ данных позволил выявить прямую взаимосвязь между параметрами рельефа, содержанием гумуса и запасами продуктивной влаги [8]. ЦМР являются базой для оптимизации структуры севооборотов, в частности, для выявления участков полей с уклоном свыше 5 градусов для их вывода из севооборота (рисунок 1).

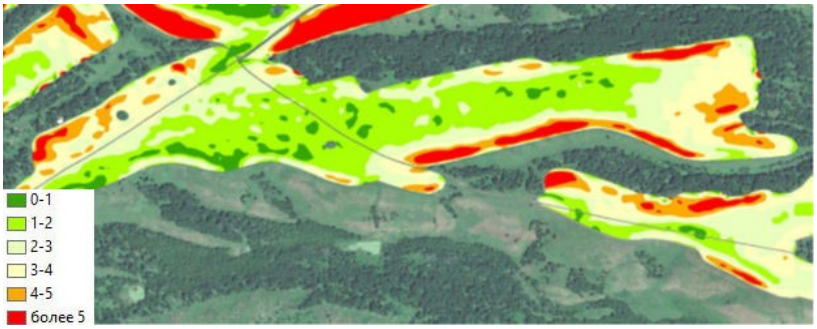

Рисунок 1 - Карта уклонов, построенная по данным БПЛА, позволяет оценить неоднородность рельефа на отдельном поле

DOI: https://doi.org/10.60797/JAE.2026.72.20.1

3.3. Анализ данных в разрезе хозяйства и отдельного поля

Собранные данные проходят комплексную обработку для получения управленческих решений. В разрезе хозяйства осуществляется анализ продуктивности полей, урожайности за предыдущие годы, севооборотов для планирования структуры посевных площадей. Для отдельного поля проводится детальный анализ вегетационных индексов, тепловых карт, влажности, рельефа и метеоданных для определения оптимальных сроков посева, внесения удобрений и прогнозирования урожайности (рисунок 2).

 © Авторы статьи / Authors of the article

Рисунок 2 - Пример анализа данных в разрезе отдельного поля: вегетационные индексы (NDVI), осадки, среднесуточная температура

DOI: https://doi.org/10.60797/JAE.2026.72.20.2

Функциональные возможности платформы включают: автоматический импорт и обработку спутниковых данных; расчет вегетационных индексов (NDVI, GCI, VARI, SAVI, MSAVI2); предоставление погодных данных и прогноза; интеграцию проектов QGIS; инструменты работы с пространственными данными; аналитические расчеты показателей мониторинга и их отклонение от средних многолетних значений.

3.4. Средства точного земледелия и управления урожаем

На основе результатов агроморфологического анализа и карт природно-ресурсного потенциала разработано научно-методическое обеспечение для дифференцированного управления агротехнологиями. Для каждого контура поля формируются адаптированные стратегии использования, специализированные агротехнологии и противоэрозионные мероприятия. Созданы методики дистанционной диагностики потребности в азотных подкормках и сортовой дифференциации культур по группам спелости.

Благодаря динамической мультиспектральной съемке с БПЛА в течение вегетационного периода осуществляется отслеживание фенологии агроценозов, выявление ключевых фаз для сортовой идентификации (наиболее показательная — «начало созревания») и прогнозирование урожайности на основе корреляции вегетационных индексов с продуктивностью. Спектральный анализ почв и вегетационных индексов позволяет оценивать агрохимические показатели (содержание гумуса, подвижных форм фосфора, калия, нитратного азота) и качество биомассы.

Помимо представленных результатов, разработанная платформа успешно апробирована для решения ряда других прикладных задач, которые выходят за рамки данной статьи. В их числе: выявление эрозионной опасности пахотных площадей ОПХ по данным ДЗЗ [7], мониторинг залежных земель на Зареченском стационаре [11], оценка продуктивности агроценозов в зависимости от удобрений, диагностика состояния посевов и сортовая идентификация [12], и проч.

Заключение

Разработанная цифровая платформа агроэкологического мониторинга, интегрирующая данные ДЗЗ, ГИС и наземные наблюдения, успешно апробирована в опытно-производственных хозяйствах Красноярского края и подтвердила свою эффективность для решения прикладных задач точного земледелия.

Предложенная трехуровневая архитектура сбора данных (спутниковый, беспилотный и наземный мониторинг) обеспечивает комплексный подход к агромониторингу: от глобального охвата территорий до детального анализа состояния конкретных полей, что позволяет существенно повысить оперативность и детальность мониторинга по сравнению с традиционными подходами. Объединение данных дистанционного зондирования, геоинформационного моделирования и наземных полевых исследований создает основу для построения полнофункциональных систем агроэкологического мониторинга.

Проведенные исследования показали, что предложенная платформа позволяет решать широкий спектр задач: от оценки природно-ресурсного потенциала и агроморфологического анализа рельефа до дистанционной диагностики состояния посевов и прогнозирования урожайности. Помимо представленных результатов, платформа успешно апробирована для мониторинга залежных земель, выявления эрозионной опасности пахотных площадей и оценки продуктивности агроценозов в зависимости от систем удобрения. Это особенно актуально для Красноярского края, где значительная часть пашни не используется, а почвы подвержены деградационным процессам.

Разработанное информационно-вычислительное обеспечение и предложенная архитектура интеграции разнородных пространственных данных создают основу для построения эффективных инструментов агроэкологического мониторинга, обеспечивающих рациональное использование земельных ресурсов, повышение продуктивности агроценозов и сохранение экологического равновесия агроландшафтов. Дальнейшее развитие предполагает внедрение элементов искусственного интеллекта для автоматизации интерпретации данных ДЗЗ.

 © Авторы статьи / Authors of the article

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Сулимин В.В. Цифровая трансформация в сельском хозяйстве: тенденции, вызовы и возможности для устойчивого развития / В.В. Сулимин, В.В. Шведов // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 6. — С. 1–11.

2. Якушев В.П. Роль дистанционного зондирования Земли в точном земледелии / В.П. Якушев, В.В. Якушев, С.Ю. Блохина и др. // Вестник Российской академии наук. — 2023. — Т. 93. — № 10. — С. 955–969. — DOI: 10.31857/S0869587323100110

3. Кирюшин В.И. Организация территориального и внутрихозяйственного землеустройства на ландшафтно-экологической основе / В.И. Кирюшин // Достижения науки и техники АПК. — 2024. — Т. 38. — № 5. — С. 4–9. — DOI: 10.53859/02352451_2024_38_5_4

4. Российская Федерация. О внесении изменений в стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года : Постановление Правительства России : [принят Правительством Российской Федерации 2026-03-06]. — Москва.: 2026. — URL: http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202603070004. (дата обращения: 24.07.26).

5. Российская Федерация. Федеральный закон от 08.08.2024 № 299-ФЗ"О внесении изменений в Федеральный закон "О внесении изменений в Федеральный закон "О развитии сельского хозяйства"... : Федеральный закон №299-ФЗ : [принят Государственной Думой Федерального Собрания Российской Федерации 2024-07-23 : одобр. Советом Федерации Федерального Собрания Российской Федерации 2024-08-02]. — Москва.: 2024. — 9 с. — URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202408080118. (дата обращения: 24.07.26).

6. Павличенко Е.А. Система накопления спутниковых данных Landsat и Sentinel для системы точного земледелия / Е.А. Павличенко, О.Э. Якубайлик // Universum: технические науки. — 2024. — № 10-1 (127). — С. 50–54. — DOI: 10.32743/UniTech.2024.127.10.18392

7. Ерунова М.Г. Геоморфометрический анализ сельскохозяйственных территорий на основе новой цифровой модели рельефа / М.Г. Ерунова, А.С. Кузнецова, А.А. Шпедт и др. // Достижения науки и техники АПК. — 2024. — Т. 38. — № 4. — С. 19-24. — DOI: 10.53859/02352451_2024_38_4_0

8. Ерёмин Д.И. Роль илистой фракции и гумуса в формировании наименьшей влагоемкости пахотных черноземов / Д.И. Ерёмин // Вестник Омского ГАУ. — 2017. — № 4 (28). — С. 19–25.

9. Трубников Ю.Н. Фотометрическая экспресс-диагностика азотного питания растений / Ю.Н. Трубников, А.А. Шпедт, Ю.Н. Соломенникова // Вестник КрасГАУ. — 2023. — № 11. — С. 165–172. — DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-165-172

10. Шпедт А.А. Методика оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафтов с использованием ГИС-технологий / А.А. Шпедт, М.Г. Ерунова, В.В. Злотникова // Земледелие. — 2023. — № 8. — С. 9–13. — DOI: 10.24412/0044-3913-2023-8-9-13

11. Трубников Ю.Н. Оценка и освоение залежных земель Приенисейской Сибири / Ю.Н. Трубников, А.А. Шпедт. // Почвы и окружающая среда: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции; — Новосибирск: ИПА СО РАН, 2023. — С. 385–390.

12. Кузнецова А.С. Методика создания геопространственной базы данных для дешифрирования сельскохозяйственных культур и сортов на основе мультиспектральной аэрофотосъемки / А.С. Кузнецова, А.В. Дергунов, К.В. Краснощеков и др. // Южно-Сибирский научный вестник. — 2025. — № 3 (61). — С. 100–107. — DOI: 10.25699/SSSB.2025.61.3.012

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sulimin V.V. Tsifrovaya transformatsiya v selskom khozyaistve: tendentsii, vizovi i vozmozhnosti dlya ustoichivogo razvitiya [Digital transformation in agriculture: trends, challenges and opportunities for sustainable development] / V.V. Sulimin, V.V. Shvedov // Vestnik yevraziiskoi nauki [Eurasian Scientific Bulletin]. — 2023. — Vol. 15. — № 6. — P. 1–11. [in Russian]

2. Yakushev V.P. Rol distantsionnogo zondirovaniya Zemli v tochnom zemledelii [The role of remote sensing of the Earth in precision agriculture] / V.P. Yakushev, V.V. Yakushev, S.Yu. Blokhina et al. // Vestnik Rossiiskoi akademii nauk [Bulletin of the Russian Academy of Sciences]. — 2023. — Vol. 93. — № 10. — P. 955–969. — DOI: 10.31857/S0869587323100110 [in Russian]

3. Kiryushin V.I. Organizatsiya territorialnogo i vnutrikhozyaistvennogo zemleustroistva na landshaftno-ekologicheskoi osnove [Organisation of regional and intrafarm land management on a landscape-ecological basis] / V.I. Kiryushin // Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of Science and Technology of AIC]. — 2024. — Vol. 38. — № 5. — P. 4–9. — DOI: 10.53859/02352451_2024_38_5_4 [in Russian]

4. Russian Federation. O vnesenii izmenenij v strategicheskoe napravlenie v oblasti cifrovoj transformacii otraslej agropromy'shlennogo i ry'boxozyajstvennogo kompleksov Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda [On making

 © Авторы статьи / Authors of the article

amendments to the strategic direction in the field of digital transformation of the agricultural and fisheries sectors of the Russian Federation for the period up to 2030] : Resolution of the Government of Russia : [accepted by Government of the Russian Federation 2026-03-06]. — Moscow.: 2026. — URL: http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202603070004. (accessed: 24.07.26). [in Russian]

5. Russian Federation. Federal'ny'j zakon ot 08.08.2024 № 299-FZ"O vnesenii izmenenij v Federal'ny'j zakon "O vnesenii izmenenij v Federal'ny'j zakon "O razvitii sel'skogo xozyajstva"... [Federal Law dated August 8, 2024 No. 299-FZ "On making amendments to the Federal Law "On making amendments to the Federal Law "On the development of agriculture"...] : Federal Law №299-ФЗ : [accepted by State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation 2024-07-23 : approved by Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation 2024-08-02]. — Moscow.: 2024. — 9 p. — URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202408080118. (accessed: 24.07.26). [in Russian]

6. Pavlichenko E.A. Sistema nakopleniya sputnikovy'x danny'x Landsat i Sentinel dlya sistemy' tochnogo zemledeliya [Landsat and Sentinel satellite data accumulation system for precision agriculture] / E.A. Pavlichenko, O.E'. Yakubajlik // Universum: Technical Sciences. — 2024. — № 10-1 (127). — P. 50–54. — DOI: 10.32743/UniTech.2024.127.10.18392 [in Russian]

7. Yerunova M.G. Geomorfometricheskii analiz selskokhozyaistvennikh territorii na osnove novoi tsifrovoi modeli relefa [Geomorphometric analysis of agricultural areas based on a new digital elevation model] / M.G. Yerunova, A.S. Kuznetsova, A.A. Shpedt et al. // Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of Science and Technology of AIC]. — 2024. — Vol. 38. — № 4. — P. 19-24. — DOI: 10.53859/02352451_2024_38_4_0 [in Russian]

8. Eryomin D.I. Rol' ilistoj frakcii i gumusa v formirovanii naimen'shej vlagoemkosti paxotny'x chernozemov [The role of silt fraction and humus in the formation of the lowest moisture capacity of arable chernozems] / D.I. Eryomin // Bulletin of Omsk SAU. — 2017. — № 4 (28). — P. 19–25. [in Russian]

9. Trubnikov Yu.N. Fotometricheskaya e'kspress-diagnostika azotnogo pitaniya rastenij [Photometric express diagnostics of nitrogen nutrition of plants] / Yu.N. Trubnikov, A.A. Shpedt, Yu.N. Solomennikova // Bulletin of KrasSAU. — 2023. — № 11. — P. 165–172. — DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-165-172 [in Russian]

10. Shpedt A.A. Metodika ocenki prirodno-resursnogo potenciala agrolandshaftov s ispol'zovaniem GIS-texnologij [Methodology for assessing the natural resource potential of agricultural landscapes using GIS technologies] / A.A. Shpedt, M.G. Erunova, V.V. Zlotnikova // *Land farming*. — 2023. — № 8. — P. 9–13. — DOI: 10.24412/0044-3913-2023-8-9-13 [in Russian]

11. Trubnikov Yu.N. Ocenka i osvoenie zalezhny'x zemel' Prienisejskoj Sibiri [Assessment and development of fallow lands in Yenisei Siberia] / Yu.N. Trubnikov, A.A. Shpedt. // Soils and Environment: Collection of Scientific Papers of the All-Russian Scientific Conference; — Novosibirsk: IPA SO RAN, 2023. — P. 385–390. [in Russian]

12. Kuzneczova A.S. Metodika sozdaniya geoprostranstvennoj bazy' danny'x dlya deshifrirovaniya sel'skoxozyajstvenny'x kul'tur i sortov na osnove mul'tispektral'noj ae'rofotos"emki [Methodology for creating a geospatial database for interpretation of agricultural crops and varieties based on multispectral aerial photography] / A.S. Kuzneczova, A.V. Dergunov, K.V. Krasnoshhekov et al. // South-Siberian Scientific Bulletin. — 2025. — № 3 (61). — P. 100–107. — DOI: 10.25699/SSSB.2025.61.3.012 [in Russian]