

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАЧ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И АГРОМОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ТЕХНОЛОГИЙ ГИС

О. Э. Якубайлик

*Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук
– обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный
центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Красноярск, Россия
oleg@icm.krasn.ru*

АННОТАЦИЯ. В статье рассматриваются основные проблемы и текущий уровень цифровизации сельского хозяйства в Российской Федерации, основные компоненты информационно-аналитического обеспечения задач агромониторинга и точного земледелия. Отмечается достигнутый в последние годы значительный прогресс в организационном и техническом обеспечении систем сбора, анализа и использования информации для контроля и управления сельскохозяйственными процессами. Перспективы дальнейшего развития отрасли связаны с внедрением спутниковых и беспилотных авиационных систем нового поколения, технологий и сервисов доступа к аналитическим данным.

Ключевые слова: цифровизация сельского хозяйства, агромониторинг, ГИС, дистанционное зондирование, точное земледелие.

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и технологии геоинформационных систем (ГИС) играют важную роль в современном сельском хозяйстве, формируя основу эффективного управления земельными ресурсами и агроэкосистемами, принятия решений и оптимизации производства.

Использование ДЗЗ и ГИС позволяет более точно определять потребности растений в удобрениях, воде и других ресурсах, что способствует их рациональному использованию. Это не только снижает затраты на производство, но и уменьшает экологическое воздействие, поскольку избыточное внесение удобрений и средств защиты растений может негативно сказываться на окружающей среде. Внедрение этих технологий также способствует устойчивому развитию сельского хозяйства путем оптимизации использования природных ресурсов, открывает новые возможности для агрономов в управлении агроценозами с большей точностью и предсказуемостью, создает основу для перехода к точному земледелию – системе управления сельскохозяйственным производством, основанной на использовании информации о состоянии посевов и почвы.

Получение точных данных о состоянии посевов и почвы позволяет агрономам оптими-

зировать условия для роста растений, что напрямую влияет на качество и количество урожая. Это обеспечивает более высокие доходы сельхозтоваропроизводителей и способствует улучшению устойчивости продовольственной безопасности. Также следует отметить, что ДЗЗ и ГИС предоставляют данные, которые могут использоваться для моделирования сельскохозяйственных процессов и предсказания урожайности, что критически важно для планирования и управления ресурсами. Точное земледелие уменьшает риски, связанные с агропроизводством, поскольку предоставляет инструменты для своевременного реагирования на погодные условия, изменения в состоянии агроценозов в целом, а также его индивидуальных компонентов. Это помогает предотвратить потери урожая из-за болезней, вредителей или неблагоприятных условий окружающей среды.

В последние годы в России уделяется повышенное внимание цифровизации агропромышленного комплекса. В 2019 году был начат проект Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Цифровое сельское хозяйство». Одна из важнейших целей проекта заключается во внедрении национальной платформы цифрового государственного управления сельским хозяйством для обеспечения тех-

нологического прорыва в сельском хозяйстве страны и кратного достижения роста производительности на цифровых сельскохозяйственных предприятиях. Стратегической целью Российской Федерации является встраивание сельскохозяйственной отрасли в глобальные технологические процессы на основе инновационного прорыва экономики в результате внедрения инноваций [1].

Распоряжением Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р утверждены Стратегические направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года. В Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 08.09.2022 № 2567-р, отмечено, что «к 2030 году государственная политика в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах трансформируется на единой цифровой платформе данных, услуг и сервисов, что позволит прогнозировать развитие и риски в агропромышленном комплексе (АПК).

В Послании Федеральному Собранию РФ 29 февраля 2024 года Президент РФ поручил увеличить к 2030 году объем внутреннего производства сельскохозяйственной продукции на четверть (по сравнению с 2021 годом), а экспорт – в 1,5 раза. Это обуславливает необходимость дальнейшей трансформации АПК посредством ускоренного внедрения цифровых технологий в экономическую и социальную сферы. В марте 2024 года стало известно о том, что Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации создаст для Минсельхоза государственную информационную систему цифровых сервисов агропромышленного комплекса (ИС ЦС АПК). Формирование платформы начнется летом 2024-го года.

Современные цифровые технологии играют все более важную роль в сельском хозяйстве, предоставляя сельскохозяйственным предприятиям и фермерам широкий спектр инструментов для повышения эффективности производства и улучшения управления ресурсами – от небольших мобильных приложений для поддержки принятия решений до полевых датчиков и технологий дистанционного зондирования Земли для сбора данных, а также

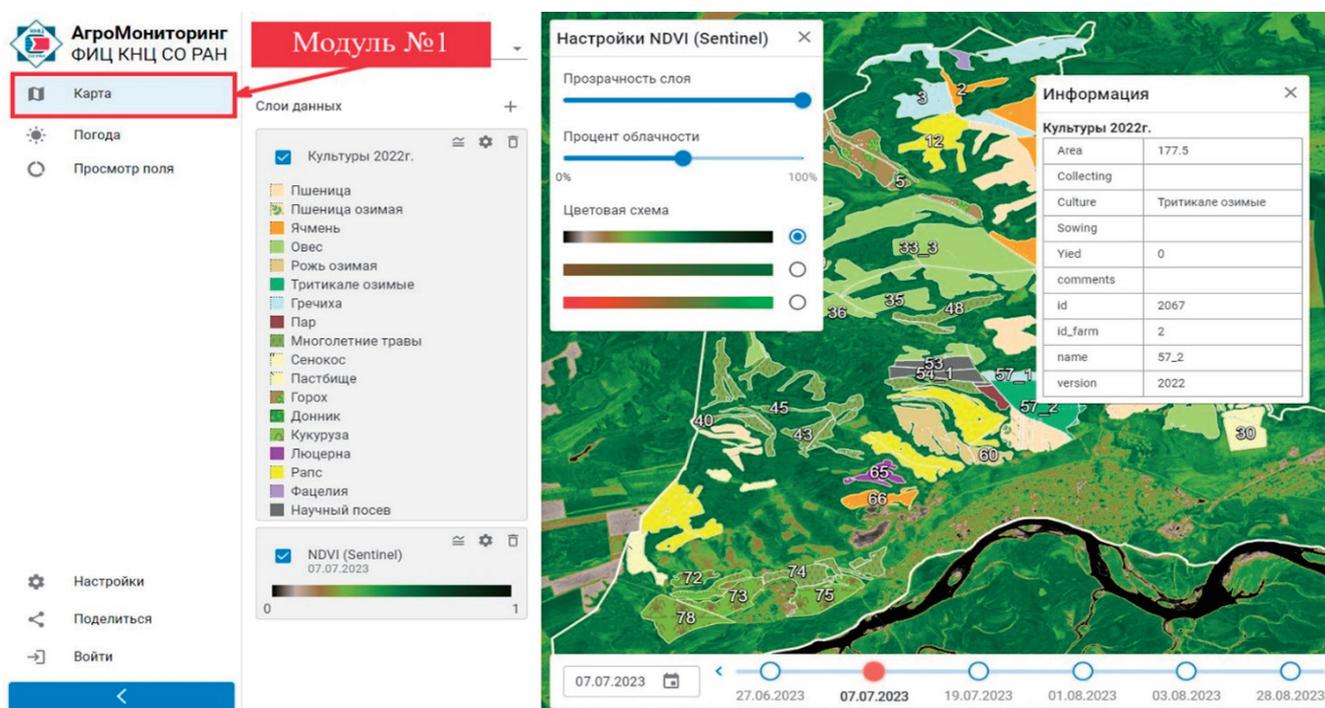


Рисунок 1. Интерфейс геоинформационной веб-системы агромониторинга ФИЦ КНЦ СО РАН: автоматически сформированный по оперативным спутниковым данным вегетационный индекс NDVI на территорию опытно-производственного хозяйства «Курагинское», тематический слой культуры за 2022 год.

беспилотных авиационных систем и роботов для автоматизации процессов [2].

По мнению ряда зарубежных авторов наиболее приоритетными направлениями исследований в области цифровизации сельского хозяйства являются решение задач, связанных с обработкой информации: анализ «больших данных»; принятие решений на основе данных; внедрение, барьеры, адаптация и использование точных и цифровых технологий [3–5].

Можно выделить следующие основные компоненты информационно-аналитического обеспечения задач агромониторинга и точного земледелия:

- Системы сбора исходных данных: программно-технические комплексы приема спутниковой информации и съемки с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), использование датчиков в почве и на сельскохозяйственной технике для сбора данных о состоянии посевов, температуре и влажности почвы, других факторах.
- Системы аналитической обработки данных: применение современных методов геопространственной статистики, машинного обучения и искусственного интеллекта для анализа данных. Это позволяет выявлять закономерности, прогнозировать развитие ситуации на полях и принимать обоснованные решения.
- Проблемно-ориентированное программное обеспечение: программы для анализа данных, картографирования, создания цифровых моделей рельефа сельскохозяйственных полей и производных продуктов на его основе, планирования действий и управления ресурсами. Примерами таких систем являются универсальные ГИС и специализированные прикладные системы агромониторинга, различные тематические геопространственные веб-сервисы, мобильные приложения для агрономов, позволяющие получать рекомендации по агротехнике и делиться данными с другими участниками отрасли.
- Средства точного земледелия: программно-технологическое обеспечение для автоматизированного управления сельскохозяйственными машинами и оборудованием на основе полученной с помощью ДЗЗ информации для точного внесения удобрений,

посева семян, полива и других агротехнических операций.

- Системы для управления урожаем и контроля качества: мониторинг урожаев на различных стадиях их развития для оптимизации сбора и хранения, а также контроль качества продукции.

Исследования и разработки по рассматриваемой теме выполняются и в Красноярском научном центре СО РАН. Ведется разработка системы агромониторинга и каталога геопространственных данных опытно-производственных хозяйств ФИЦ КНЦ СО РАН, основанных на результатах съемки со спутников и БПЛА (Рис. 1). Решаются задачи анализа эффективности использования данных ДЗЗ для дешифрирования сельскохозяйственных культур и сортов, агроэкологической оценки пахотных земель в эрозионно-опасных ландшафтах, применения методов дистанционного зондирования агроценозов с различным уровнем минерального питания и средств защиты растений, диагностики необходимости применения азотных внекорневых подкормок яровой пшеницы на основе сопряженного анализа данных наземного мониторинга и ДЗЗ, выявление и оценка залежных земель и технологий их освоения. Некоторые из результатов по перечисленным темам представлены в работах [6–10].

Заключение. Анализ ситуации в отрасли показывает, эффективность агропромышленного комплекса неразрывно связана с применением современных технологий. Сдерживающим фактором является несовершенство нормативно-правовой базы регулирования цифровизации отрасли – она в настоящее время находится в стадии формирования. Также на данный момент представляется недостаточным необходимое информационно-технологическое обеспечение – в России сегодня развернуты масштабные работы по созданию спутниковых и беспилотных авиационных систем нового поколения, технологий и сервисов обработки данных ДЗЗ с помощью методов машинного обучения и искусственного интеллекта, но надо полагать, что значимые результаты по указанным направлениям исследований и разработок будут получены лишь через несколько лет.

INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT FOR PRECISION FARMING AND AGRICULTURAL MONITORING TASKS BASED ON EARTH REMOTE SENSING DATA AND GIS TECHNOLOGIES

O. E. Yakubailik

Institute of Computational Modelling, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Krasnoyarsk, Russia

oleg@icm.krasn.ru

ABSTRACT. The article discusses the current state of digitalization in agriculture in the Russian Federation and the main challenges associated with it. It also highlights the importance of information and analytical support for agricultural monitoring tasks and precision farming. Significant progress has been made in the development of systems for collecting, analyzing, and using data to monitor and manage agricultural processes. These systems rely on remote sensing data and GIS technologies. The future of the agricultural industry lies in the adoption of new satellite and unmanned aircraft technologies, as well as access to analytical data and services. These innovations will allow for more accurate and efficient monitoring of agricultural processes, leading to increased productivity and sustainability.

Keywords: *digitalization of agriculture, agricultural monitoring, GIS, remote sensing, precision farming*

Литература

- 1 Ашинова М. К., Мокрушин А. А., Чиназирова С. К., Костенко Р. В. Цифровая трансформация отрасли сельского хозяйства в Российской Федерации // Новые технологии. 2019. № 4(50). С. 209–221. DOI: 10.24411/2072–0920–2019–10421.
- 2 Shang L., Heckelei T., Gerullis M. et al. Adoption and diffusion of digital farming technologies – integrating farm-level evidence and system interaction // Agricultural systems. 2021. V. 190. 103074. DOI: 10.1016/j.agsy.2021.103074.
- 3 Silveira F., Lermen F., Amaral F. An overview of agriculture 4.0 development: Systematic review of descriptions, technologies, barriers, advantages, and disadvantages // Computers and electronics in agriculture. 2021. V. 189. 106405. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106405.
- 4 Fielke S., Taylor B., Jakku E. Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks: a state-of-the-art review // Agricultural systems. 2020. V. 180. 102763. DOI: 10.1016/j.agsy.2019.102763.
- 5 Ingram J., Maye D., Bailye C. What are the priority research questions for digital agriculture? // Land use policy. 2022. V. 114. 105962. DOI: 10.1016/j.landusepol.2021.105962.
- 6 Пушкарев А. А., Кузнецова А. С., Кадочников А. А., Ерунова М. Г., Якубайлик О. Э. Разработка модулей каталогизации и визуализации данных в системе аграрного мониторинга // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2024. № 1 (33). С. 166–173. DOI: 10.25729/ESI.2024.33.1.015
- 7 Кузнецова А. С., Ерунова М. Г., Якубайлик О. Э. Обеспечение оперативного мониторинга сельскохозяйственных посевов спутниковыми данными // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23. № 9. С. 29–40. DOI: 10.32417/1997–4868–2023–23–09–29–40
- 8 Пушкарев А. А., Кузнецова А. С., Ерунова М. Г., Якубайлик О. Э. Региональная информационная система «Агромониторинг» ФИЦ КНЦ СО РАН // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли. Материалы X Международной научной конференции. Красноярск, 2023. С. 46–49.
- 9 Ерунова М. Г., Шпедт А. А., Якубайлик О. Э., Трубников Ю. Н. Геопространственная база данных цифровизации системы земледелия Красноярского края // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 7. С. 56–61. DOI: 10.24411/0235–2451–2019–10714
- 10 Трубников Ю. Н., Шпедт А. А., Соломенникова Ю. Н. Фотометрическая экспресс-диагностика азотного питания растений // Вестник КрасГАУ. 2023. № 11. С. 165–172. DOI: 10.36718/1819–4036–2023–11–165–172.