

Состояние и перспективы использования дистанционного зондирования Земли в интересах сельского хозяйства

В. П. Якушев, С. Ю. Блохина

*Агрофизический научно-исследовательский институт
Санкт-Петербург, 195220, Россия
E-mails: office@agrophys.ru, sblokhina@agrophys.ru*

Сообщение посвящено подведению итогов прошедшей в Агрофизическом научно-исследовательском институте 26–28 сентября 2018 г. II Всероссийской научной конференции с международным участием «Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве». Возрастающее применение и развитие средств и методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в последние годы открыло новые масштабные возможности для оперативной оценки состояния почвенного и растительного покрова и разработки плановых и оперативных агромелиоративных приёмов ведения сельскохозяйственного производства с помощью интеллектуальных систем поддержки технологических решений. Представленные и рассмотренные на пленарной сессии и четырёх тематических секциях актуальные научные направления, новые методы и алгоритмы, разработанные и апробированные отечественные программно-математические средства для использования данных ДЗЗ в информационном обеспечении сельского хозяйства представляют собой фундаментальную основу для их ускоренного и более широкого внедрения в производственную практику. Проведённый обмен новыми теоретическими и практическими результатами исследований позволит существенно повысить качество научного обеспечения АПК России, а также разработать новую методологию совершенствования технологий интерпретации спутниковых данных. Для этого, по единогласному мнению участников конференции, целесообразно организовать сеть специализированных тестовых полигонов для подспутниковых наблюдений и получения опорной информации. Особое внимание при обсуждении на конференции первоочередных задач, стоящих перед отечественной наукой, уделено проблеме развития информационного обеспечения данными ДЗЗ системы точного земледелия, являющегося ключевым сегментом «умного сельского хозяйства». Участники конференции подчеркнули, что научно-технологический прорыв в прецизионном сельскохозяйственном производстве невозможен без масштабного использования данных ДЗЗ.

Ключевые слова: всероссийская конференция, дистанционное зондирование Земли, аэрокосмические средства и методы, мониторинг агроэкосистем, точное земледелие, тестовые полигоны, мелиоративные системы, измерительные системы, опорная информация, системы управления, математические модели

Одобрена к печати: 12.10.2018

DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-5-257-262

Общая информация о конференции

Вторая Всероссийская научная конференция с международным участием «Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве» прошла в Агрофизическом научно-исследовательском институте (АФИ) с 26 по 28 сентября 2018 г. В работе конференции приняли участие 137 учёных и специалистов из 43 организаций Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Волгограда, Краснодара, Симферополя и других городов России, а также представители зарубежных стран (Белоруссии, Казахстана, Молдовы, Болгарии, Венгрии, Китая).

Цель конференции заключалась в повышении уровня взаимодействия учёных и специалистов в области дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и увеличении масштабов его применения в сельском хозяйстве. В связи с этим программа конференции, состоящая из пленарной сессии и четырёх тематических секций, была посвящена обмену новыми теоретическими и практическими результатами исследований по научному сопровождению, применению, совершенствованию и разработке новых методов и средств ДЗЗ применительно

к задачам мониторинга продуктивности и состояния земель, а также планирования и оперативного управления сельскохозяйственным производством. Обсуждение актуальных научных направлений, анализ и оценка полученных результатов проводились на заседаниях следующих секций: использование аэрокосмических средств дистанционного зондирования Земли в системах мониторинга агроэкосистем; дистанционные методы исследования фитосанитарного состояния посевов и способов их защиты от сорняков, вредителей и болезней; использование методов и средств дистанционного зондирования в точном земледелии и опытном деле; системы, модели, методы и алгоритмы обработки, комплексирования и интерпретации данных дистанционного зондирования для информационного обеспечения процесса управления сельскохозяйственным производством.

Междисциплинарность и взаимосвязь тематических секций определили порядок работы конференции, который заключался в последовательности проведения заседаний. Это позволило участникам конференции заслушать и принять участие в обсуждении всех докладов, предусмотренных программой.

В Указе Президента России № 204 от 7 мая 2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» внедрение цифровых технологий и платформенных решений относится к числу основных приоритетов. Задачей цифровизации сельского хозяйства является создание сквозных цепочек от производства сельхозпродукции до её потребления и технологий «умного сельского хозяйства». В решении данной задачи важнейшим и перспективным масштабируемым ресурсом информационного обеспечения сельскохозяйственного производства являются методы и средства ДЗЗ.

В материалах конференции, представленных учёными и специалистами ИКИ РАН, Аналитического центра МСХ РФ, Почвенного института им. В. В. Докучаева, АФИ и других научных и образовательных учреждений, широко обсуждаются современные возможности и тенденции развития методов спутникового мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и посевов. Спутниковые технологии всё чаще применяются в задачах, связанных с получением объективной информации об использовании и состоянии агроэкосистем, что обусловлено в основном существенным повышением качества, частоты получения и доступности спутниковой информации (по состоянию на начало 2018 г. на орбите Земли действовало более 420 (по данным <http://database.eohandbook.com>) космических аппаратов ДЗЗ, несколько десятков из которых предоставляют общедоступные данные), а также стремительным развитием новых методов и технологий обработки спутниковых данных, в том числе полностью автоматизированных. Например, в последние годы учёными был разработан целый ряд подобных методов, в том числе методы картографирования основных типов сельскохозяйственных культур (Барталев и др., 2017), методы оценки используемых сельскохозяйственных земель (Плотников и др., 2010) и методы оценки состояния сельскохозяйственных культур (Толпин и др., 2014).

Созданный задел позволил эффективно разрабатывать, внедрять и поддерживать различные информационные системы дистанционного мониторинга земель и посевов (Лупян и др., 2015, 2018), которые предоставляют пользователям не только возможности поиска и получения различной информации, но и проведения её обработки и анализа с использованием распределённых вычислительных ресурсов. В частности, создана уникальная научная установка Vega-Science (<http://sci-vega.ru>), входящая в состав ЦКП «ИКИ-мониторинг», которая обеспечивает работы различных коллективов учёных со сверхбольшими, постоянно пополняющимися архивами спутниковой информации. В настоящее время разработки подобного уровня в мире ведутся только в нескольких центрах.

Спутниковые сервисы могут в перспективе послужить подходящей основой для организации работы с данными дистанционных наблюдений и результатами их обработки в интеллектуальных системах поддержки прецизионного производства растениеводческой продукции и сырья (Якушев, 2016; Якушев и др., 2018). Учёными АФИ разработан базовый алгоритм обнаружения и выделения границ внутривидовой пространственно-временной изменчивости по гиперспектральным снимкам и оптическим критериям. Алгоритм использует данные, полученные при изучении оптических характеристик растений при дефиците азота и воды.

В частности, установлен конкретный перечень индексов отражения и набор количественных характеристик по каждому индексу (критерию) для оценки физиологического состояния яровой пшеницы при оптимальных условиях и дефиците азота и воды. Автоматизация рассматриваемого подхода позволит не только обнаруживать участки с угнетёнными растениями, но и выявлять стрессор, действие которого стало причиной угнетения (Канаш и др., 2017; Yakushev et al., 2017).

С появлением в конце прошлого века технологий точного земледелия активизировались исследования по применению спутниковых данных при управлении дифференцированным внесением азотных удобрений в режиме реального времени. В настоящее время всё более широкое применение в точном земледелии находят мультиспектральные и гиперспектральные снимки. Их потенциальные возможности позволяют более точно выделять зоны управления на поле без растительности, создавать карты распространения сорняков, вредителей и болезней, определять зоны азотного голодания и др. (Михайленко, 2018).

Вместе с тем в исследованиях не снижается оперативная роль применения беспилотников при управлении продукционным процессом сельскохозяйственных культур и оценке состояния мелиоративных систем (Петрушин, Митрофанов, 2017). На полигоне АФИ регулярно проводятся дистанционные обследования посевов с помощью беспилотных летательных аппаратов самолётного и вертолётного типов. На них размещаются цифровые камеры для получения аэрофотографий посевов в видимой и инфракрасной областях спектра электромагнитного излучения. Для проведения азотных подкормок на опытных полях закладываются тестовые площадки с известной дозой внесённых азотных удобрений. Средние значения колориметрических (цветовых) характеристик посева на каждой из тестовых площадок являются эталонными. Посредством сравнения с ними характеристик остальных зон поля проводится оценка потребности растений в азоте с помощью созданного специалистами АФИ автоматизированного метода построения калибровочных кривых по колориметрическим характеристикам аэрофотографий посевов (Буре и др., 2018; Якушев и др., 2017). Такой подход позволяет провести оценку обеспеченности растений азотом на любом участке поля. Данный метод мониторинга посевов, оценки их потребности в азотном питании и прецизионного внесения удобрений является доступным, недорогостоящим и достаточно точным.

Для дальнейшего развития применения средств ДЗЗ в сельском хозяйстве в постановление конференции было внесено предложение о создании на базе НИУ Отделения сельскохозяйственных наук РАН сети специализированных полигонов для полевых исследований по адаптивно-ландшафтному земледелию и растениеводству. Опорная информация, получаемая на таких полигонах, позволит существенно повысить возможности интерпретации данных дистанционного зондирования, обеспечить сельхозпроизводителей актуальными, своевременными и достоверными сведениями о состоянии полей и посевов, а также создать необходимую инфраструктуру для апробации и совершенствования программно-аппаратных и программно-математических средств ДЗЗ в системе точного земледелия. Участники конференции подчеркнули, что научно-технологический прорыв в прецизионном сельскохозяйственном производстве невозможен без масштабного использования данных ДЗЗ.

Литература

1. *Барталев С. А., Егоров В. А., Жарко В. О., Лупян Е. А., Плотников Д. Е., Хвостиков С. А., Шабанов Н. В.* Спутниковое картографирование растительного покрова России. М.: ИКИ РАН, 2017. 208 с.
2. *Буре В. М., Митрофанов Е. П., Митрофанова О. А., Петрушин А. Ф.* Выделение однородных зон сельскохозяйственного поля для закладки опытов с помощью беспилотного летательного аппарата // Вестник Санкт-Петербургского ун-та. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. 2018. Т. 14. № 2. С. 145–150.
3. *Канаш Е. В., Якушев В. П., Осипов Ю. А., Русаков Д. В., Блохина С. Ю., Кравцова А. В.* Оптические характеристики листьев яровой пшеницы при дефиците азота и воды // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 4. С. 9–12.

4. Лупян Е. А., Балашов И. В., Бурцев М. А., Ефремов В. Ю., Кашицкий А. В., Кобец Д. А., Крашениникова Ю. С., Мазуров А. А., Назиров Р. Р., Прошин А. А., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А., Флитман Е. В. Создание технологий построения информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 53–75.
5. Лупян Е. А., Бурцев М. А., Прошин А. А., Кобец Д. А. Развитие подходов к построению информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 3. С. 53–66. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-3-53-66.
6. Михайленко И. М. Развитие методов и средств применения данных дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве // Тенденции развития науки и образования. Т. 41. Ч. 3. Изд-во НИЦ «Л-Журнал», 2018. С. 70–83.
7. Петрушин А. Ф., Митрофанов Е. П. Оценка состояния дренажных систем сельскохозяйственного поля с помощью данных дистанционного зондирования // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 4. С. 17–20.
8. Плотников Д. Е., Барталев С. А., Лупян Е. А. Признаки распознавания пахотных земель на основе многолетних рядов данных спутникового спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Т. 7. № 1. С. 330–341.
9. Толпин В. А., Лупян Е. А., Барталев С. А., Плотников Д. Е., Матвеев А. М. Возможности анализа состояния сельскохозяйственной растительности с использованием спутникового сервиса «ВЕГА» // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27. № 7 (306). С. 581–586.
10. Якушев В. В. Точное земледелие: теория и практика. СПб.: ФГБНУ АФИ, 2016. 364 с.
11. Якушев В. П., Лекомцев П. В., Воробаев В. В., Конев А. В., Первак Т. С. Дифференцированное применение средств химизации при выращивании яровой пшеницы // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 4. С. 13–16
12. Якушев В. П., Якушев В. В., Конев А. В., Матвеев Д. А., Часовских С. В. О совершенствовании реализации агротехнологических решений в точном земледелии // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. С. 13–17.
13. Yakushev V., Kanash E., Rusakov D., Blokhina S., Specific and non-specific changes in optical characteristics of spring wheat leaves under nitrogen and water deficiency // Advances in Animal Biosciences: Papers presented at the 11th European Conf. Precision Agriculture (ECPA 2017), Edinburgh, UK, July 16–20 2017. The Animal Consortium, 2017. V. 8. Special Iss. 2. P. 229–232. DOI: 10.1017/S204047001700053X.

Current problems and prospects for the use of remote sensing of the Earth in agriculture

V. P. Yakushev, S. Yu. Blokhina

Agrophysical Research Institute, Saint Petersburg 195220, Russia
E-mails: *office@agrophys.ru, sblokhina@agrophys.ru*

The paper presents the results of the Second All-Russia Scientific Conference with International Participation “The Use of Remote Sensing of the Earth in Agriculture” conducted at Agrophysical Research Institute on September 26–28, 2018. The development of techniques and methods of remote sensing of the Earth and their increasing application in agriculture over the recent years has revealed new ambitious possibilities for immediate evaluation of vegetation and soil state and elaboration of planning and operational agromeliorative approaches to farming industry based on intellectual decision-making support systems. The main research directions, new methods and the algorithms, domestic software and mathematical tools for using remote sensing data in information support of agriculture presented at the plenary session and the four thematic sections provide the mainstay for their rapid implementation in industrial practice. The exchange of views and research results among the conference participants will help to enhance essentially the quality of scientific support of agribusiness industry, and to develop an advance methodology of satellite data interpretation. For this purpose, in unanimous opinion of the conference participants, it is necessary to organize a network of specialized test polygons for ground truth observations and reference information acquisition. Particular attention

in the discussion of the priority tasks of the domestic science was addressed to the problem of developing information support of the precision agriculture system, which is a key segment of “smart agriculture”, with remote sensing data. The participants of the conference emphasized that scientific and technological progress in precision farming industry is impossible without the extensive use of remote sensing data.

Keywords: all-Russia conference, remote sensing of the Earth, aerospace techniques and methods, agroecosystem monitoring, precision agriculture, test polygons, ameliorative systems, reference information, measuring systems, decision support systems, mathematical models

Accepted: 12.10.2018

DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-5-257-262

References

1. Bartalev S. A., Egorov V. A., Zharko V. O., Loupian E. A., Plotnikov D. E., Khvostikov S. A., Shabanov N. V., *Sputnikovoe kartografirovaniye rastitel'nogo pokrova Rossii* (Mapping of Russia's vegetation cover), Moscow: IKI RAN, 2017, 208 p.
2. Bure V. M., Mitrofanov E. P., Mitrofanova O. A., Petrushin A. F., Vydeleniye odnorodnykh zon sel'skokhozyaistvennogo polya dlya zakladki opytov s pomoshch'yu bespilotnogo letatel'nogo apparata (Selection of homogeneous zones of agricultural field for laying of experiments using unmanned aerial vehicle), *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Prikladnaya matematika. Informatika. Protssesy upravleniya*, 2018, Vol. 14, No. 2, pp. 145–150.
3. Kanash E. V., Yakushev V. P., Osipov Yu. A., Rusakov D. V., Blokhina S. Yu., Kravtsova A. V., Opticheskie kharakteristiki list'ev yarovoi pshenitsy pri defitsite azota i vody (Optical characteristics of the spring wheat leaves under the nitrogen and water deficiency conditions), *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2017, No. 4, pp. 9–12.
4. Loupian E. A., Balashov I. V., Burtsev M. A., Efremov V. Yu., Kashnitsky A. V., Kobets D. A., Krasheninnikova Yu. S., Mazurov A. A., Nazirov R. R., Proshin A. A., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A., Flitman E. V., Sozдание tekhnologii postroeniya informatsionnykh sistem distantsionnogo monitoringa (Development of information systems design technologies), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 53–75.
5. Loupian E. A., Burtsev M. A., Proshin A. A., Kobets D. A., Razvitiye podkhodov k postroeniyu informatsionnykh sistem distantsionnogo monitoringa (Evolution of remote monitoring information systems development concepts), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2018, Vol. 15, No. 3, pp. 53–66, DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-3-53-66.
6. Mikhailenko I. M., Razvitiye metodov i sredstv primeneniya dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli v sel'skom khozyaistve (Application of methods and tools of remote sensing of the Earth data in agriculture), *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*, Vol. 41, Ch. 3, Izd. NITs “L-Zhurnal”, 2018, pp. 70–83.
7. Petrushin A. F., Mitrofanov E. P., Otsenka sostoyaniya drenazhnykh sistem sel'skokhozyaistvennogo polya s pomoshch'yu dannykh distantsionnogo zondirovaniya (Assessment of the agricultural field drainage system status using remote sensing data), *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2017, No. 4, pp. 17–20.
8. Plotnikov D. E., Bartalev S. A., Loupian E. A., Priznaki raspoznavaniya pakhotnykh zemel' na osnove mnogoletnykh ryadov dannykh sputnikovogo spektorradiometra MODIS (The recognition features to map arable lands based on multi-annual MODIS Earth observation data), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2010, Vol. 7, No. 1, pp. 330–341.
9. Tolpin V. A., Loupian E. A., Bartalev S. A., Plotnikov D. E., Matveev A. M., Vozmozhnosti analiza sostoyaniya sel'skokhozyaistvennoi rastitel'nosti s ispol'zovaniem sputnikovogo servisa “VEGA” (Possibilities of agricultural vegetation condition analysis with the “VEGA” satellite service), *Optika atmosfery i okeana*, 2014, Vol. 27, No. 7 (306), pp. 581–586.
10. Yakushev V. V., *Tochnoe zemledelie: teoriya i praktika* (Precision Agriculture: Theory and Practice), St. Petersburg: FGBNU AFI, 2016, 364 p.
11. Yakushev V. P., Lekomtsev P. V., Voropaev V. V., Konev A. V., Pervak T. S., Differentsirovannoe primeneniye sredstv khimizatsii pri vyrashchivaniy yarovoi pshenitsy (Discriminatory application of the chemicals under the spring wheat cultivation), *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2017, No. 4, pp. 13–16.
12. Yakushev V. P., Yakushev V. V., Konev A. V., Matveenko D. A., Chasovskikh S. V., O sovershenstvovanii realizatsii agrotekhnologicheskikh reshenii v tochnom zemledelii (About perfecting of the agrotechnological

- solutions realization in the precision farming), *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2018, No. 1, pp. 13–17.
13. Yakushev V., Kanash E., Rusakov D., Blokhina S., Specific and non-specific changes in optical characteristics of spring wheat leaves under nitrogen and water deficiency, *Advances in Animal Biosciences: Papers presented at the 11th European Conf. Precision Agriculture (ECPA 2017)*, Edinburgh, UK, July 16–20 2017, The Animal Consortium, 2017, Vol. 8, Special Issue 2, pp. 229–232, DOI: 10.1017/S204047001700053X.