

Научная статья

Original article

УДК 631.58-528.88

DOI 10.55186/25876740\_2023\_7\_3\_24

**О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ  
УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР  
SOME ASPECTS OF THE USE OF REMOTE SENSING MATERIALS IN  
FORECASTING THE YIELD OF AGRICULTURAL CROPS**



**Гусев Алексей Сергеевич**, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой землеустройства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, д. 23), тел. 8(343) 221-41-18, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7606-4022>, [a\\_anser@mail.ru](mailto:a_anser@mail.ru)

**Вашукевич Надежда Викторовна**, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой почвоведения, агроэкологии и химии им. проф. Н.А. Иванова, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, д. 23), тел. 8(343) 221-41-29, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4444-5680>, [nadiav@bk.ru](mailto:nadiav@bk.ru)

**Старицына Ирина Анатольевна**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры почвоведения, агроэкологии и химии им. проф. Н.А. Иванова, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», (620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42), тел. 8(343) 221-41-29; доцент кафедры химии и процессов горения (в составе УНК ПиПАСР), Уральский

институт ГПС МЧС России (620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22), тел. 8(343) 360-81-94, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5984-836X> , [i-staritsina@yandex.ru](mailto:i-staritsina@yandex.ru)

**Беличев Алексей Анатольевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, д. 23), тел. 8(343) 221-41-18, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2192-9292>, [aabel@list.ru](mailto:aabel@list.ru)

**Смирнова Алина Дмитриевна**, студентка направления бакалавриата Землеустройство и кадастры, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет» (620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. Тургенева, д. 23), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4993-6777X>, [a.smirnova99@yandex.ru](mailto:a.smirnova99@yandex.ru)

**Alexey S. Gusev**, candidate of biological sciences, associate professor, head of the land management department, Ural state agrarian university (23 Turgenev st., Ekaterinburg, 620075 Russia), tel. 8(343) 221-41-18, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7606-4022>, [a\\_anser@mail.ru](mailto:a_anser@mail.ru)

**Nadezhda V. Vashukevich**, candidate of biological sciences, associate professor, head of the soil science, agroecology and chemistry department named after prof. N. A. Ivanov, Ural state agrarian university (23 Turgenev st., Ekaterinburg, 620075 Russia), tel. 8(343) 221-41-29, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4444-5680>, [nadiav@bk.ru](mailto:nadiav@bk.ru)

**Irina A. Staritsina**, candidate of geology-mineralogical sciences, associate professor of the soil science, agroecology and chemistry department named after prof. N. A. Ivanov, Ural state agrarian university (23 Turgenev st., Ekaterinburg, 620075 Russia), tel. 8(343) 221-41-29; associate professor of the chemistry and combustion processes department (as part of the ESC FFERO), Ural Institute of the State Fire Service EMERCOM of Russia (22 Mira st., Ekaterinburg, 620062 Russia), tel. 8(343) 360-81-94, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5984-836X>, [i-staritsina@yandex.ru](mailto:i-staritsina@yandex.ru)

**Alexey A. Belichev**, candidate of agricultural sciences, associate professor of the land management department, Ural state agrarian university (23 Turgenev st., Ekaterinburg,

620075 Russia), tel. 8(343) 221-41-18, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2192-9292>, [aabel@list.ru](mailto:aabel@list.ru)

**Alina D. Smirnova**, student of the bachelor's degree in land management and cadasters, Ural state agrarian university (23 Turgenev st., Ekaterinburg, 620075 Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4993-6777X>, [a.smirnova99@yandex.ru](mailto:a.smirnova99@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье представлены материалы исследований на основе комплексного подхода, включая мониторинговые наблюдения по данным дистанционного зондирования Земли, которые проводились на базе учебно-опытного хозяйства Уральского государственного аграрного университета. По результатам обработки спутниковых снимков с оценкой состояния посевов сельскохозяйственных культур, а также по особенностям природно-климатических и агроэкологических условий местности выявлены диагностические признаки (маркеры), определяющие урожайность. Создана единая информационная цифровая база данных хозяйства, включающая графические и атрибутивные компоненты для эффективного прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур.

**Abstract.** The article presents research materials based on an integrated approach, including monitoring studies based on Earth remote sensing data, which were carried out on the basis of the educational and experimental farm of the Ural State Agrarian University. According to the results of processing satellite images with an assessment of the state of crops, as well as the peculiarities of the natural, climatic and agro-ecological conditions of the area, diagnostic markers that determine the yield were identified. A unified information digital database of an agro-enterprise has been created, which includes graphical and attributive components for effective forecasting of crop yields.

**Ключевые слова:** *дистанционное зондирование территории, прогнозирование урожая, цифровизация сельскохозяйственного предприятия*

**Keywords:** *дистанционное зондирование территории, прогнозирование урожая, цифровизация сельскохозяйственного предприятия*

## **Введение**

В условиях перехода на цифровое сельское хозяйство актуальность приобретает создание электронной цифровой базы данных сельскохозяйственных предприятий, а также мониторинговые наблюдения по материалам дистанционного зондирования территории за состоянием посевов сельскохозяйственных культур, на основании которых возможен прогноз уровня их урожайности, что в конечном итоге позволит оптимально планировать производство растениеводческой продукции [1].

Существующие современные технологии в сельскохозяйственном предприятии, которые принято называть «точным земледелием» направлены прежде всего на экономию текущих производственных затрат. Расчет прогнозной урожайности во многом проводится по линейной зависимости и зачастую не учитывает конкретные условия местности и текущее состояние посевов сельскохозяйственных культур [2].

Разработки, полученные учеными Уральского ГАУ (Селевцев В.Ф., Иванов Н.А.) дают возможность использовать их в качестве эффективной информационной базы при создании компьютерной модели прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур.

Одновременно с этим, с помощью современных ГИС-технологий и программ по обработке спутниковых снимков можно делать серьезные корректировки по прогнозной урожайности с учетом конкретных погодных условий вегетационного периода. Это позволит сельскохозяйственным предприятиям своевременно реагировать при составлении договоров и планов реализации сельскохозяйственной продукции [3,4].

Важнейшим информационным источником в современных условиях являются материалы дистанционного зондирования территории, позволяющие определить текущее состояние агрокультур в различных спектрах. Существует

множество специальных индексов, характеризующих вегетационную активность растений, самым популярным из которых является NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [5,6].

Материалы дистанционного зондирования для оценки состояния посевов сельскохозяйственных культур начинают широко использоваться в связи с переходом нашей страны на «цифровую экономику» и «цифровое сельское хозяйство», при этом цифровой мониторинг агрофитоценозов преимущественно развивается на крупных сельскохозяйственных предприятиях, которые научились контролировать технологические процессы в растениеводстве за счет применения различных датчиков и устройств, обрабатывающих показатели объектов агромониторинга (плодородие почвы, развития растений и т.д.). В результате возникает необходимость анализа больших данных. От качества их обработки зависят выводы, на базе которых принимаются решения. Цифровые технологии позволяют проводить интеллектуальный анализ, который в свою очередь оптимизируют расходы предприятия с учётом тестирования плодородия почвы, управления развития растений и так далее [7,8].

В настоящее время существует многочисленные онлайн-сервисы, которые позволяют эффективно управлять предприятием и снижать риски сельскохозяйственного производства (ExactFarming, Агросигнал, Агромон).

Из всех программ очевидным преимуществом обладает АгроМон, поскольку его база данных регулярно пополняется на основе результатов, получаемых в рамках краткосрочных договоров между предприятиями в сфере сельского хозяйства (такой договор заключен также с Уральским ГАУ) и наложения данных по полевым участкам на карту почвы России.

Недостатками всех выше перечисленных программ является отсутствие функционала элементов программирования урожая регионального уровня. Другим важным недостатком вышеописанных программных комплексов является их дороговизна. Средняя стоимость их обслуживания составляет 75-100 долларов в месяц. Для небольшого сельскохозяйственного предприятия данный вид работ зачастую становится недоступным.

Инновация, реализуемая в данной работе, заключается в том, что в информационную базу будут внесены элементы программирования сельскохозяйственных культур, которые предложены учёными Уральского ГАУ на основе многолетних наблюдений: потребность растений в факторах роста, структура биомассы растений и условий её формирования.

### **Материалы и методы**

Исследования, связанные с прогнозированием урожайности сельскохозяйственных культур на основе комплексных данных, включая данные дистанционного зондирования Земли проводили на базе учебно-опытного хозяйства Уральского ГАУ (УОХ УрГАУ), в рамках реализации пилотного проекта «цифровое учебно-опытное хозяйство». Выбор объекта связан с тем, что в 2021 году учебно-опытное хозяйство «Уралец» стал структурным подразделением Уральского ГАУ.

Хозяйство располагается в Белоярском районе Свердловской области и географически находится на Западно-Сибирской равнине, между реками Пышма и Исеть. Общая площадь хозяйства составляет 2337 га. Расстояние до районного центра (п. Белоярский) составляет 15 км, до ближайшей железнодорожной станции ( Курманка) – 7 км, до областного центра (город Екатеринбург) – 50 км (рис. 1).

В соответствии с агроклиматическим районированием Свердловской области, климат территории опытных полей Уральского ГАУ характеризуется как умеренно-континентальный.

Рельеф основной части территории опытных полей-низкая слабоволнистая равнина, которая чередуется с пологими понижениями и ложбинам.

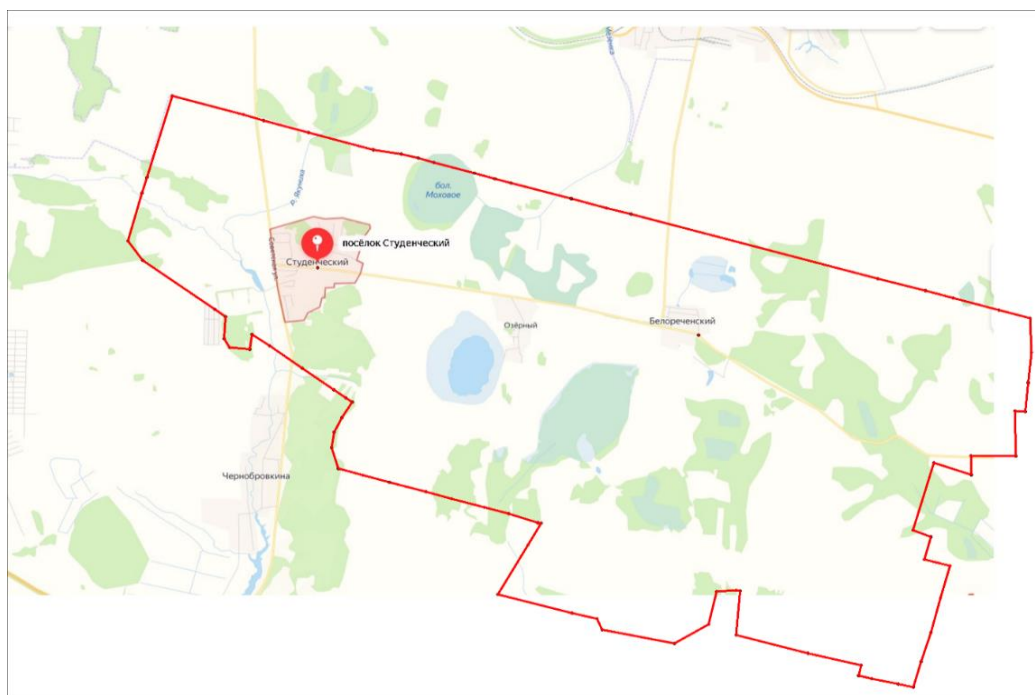


Рисунок 1 – Схема расположения учебно-опытного хозяйства Уральского ГАУ

На основании почвенно-географического районирования Свердловской области территория учхоза относится к Кочневскому почвенному району (0881), входит в Белоярский округ Западно-Сибирской предлесостепной почвенной провинции. В составе почвенного покрова преобладают серые лесные почвы и черноземы. Ложбины стока и долины рек заняты луговыми и влажно-луговыми почвами, слабосточные ложбины стока и долины рек - болотными низинными торфяными почвами [9].

Основное направление деятельности УОХ УрГАУ – выращивание плодово-ягодных, овощных, зерновых культур, разведение пчел, содержание домашних и сельскохозяйственных животных. Площадка опытных полей Уральского ГАУ является основой для проведения фундаментальных и прикладных научных исследований. Преподаватели и научные работники УрГАУ совместно со студентами на учебных полях испытали беспилотный трактор и летающий опрыскиватель, вывели новые сорта овощных, плодово-ягодных культур и подсолнечника, разработали уникальные многокомпонентные удобрения, адаптировали к Уралу крымские розы и новую

породу свиней. На опытных участках представлена коллекция лекарственных, декоративных растений. Всего имеется более 64 культур лекарственных и масленичных культур.

Согласно приказу Министерства сельского хозяйства РФ № 329 от 03.04.2023 г., УрГАУ получил Свидетельство на разведение КРС голштинской породы. Присвоение статуса племенного репродуктора свидетельствует о высоком уровне селекционной и племенной работы.

Представленные в работе материалы получены с использованием теоретических, аналитических методов, методов математического моделирования и географических информационных систем.

### **Результаты и обсуждение**

Работы по цифровизации учебно-опытного хозяйства Уральского ГАУ проводились в несколько этапов.

На первом этапе созданы цифровые образы рабочих участков пашни хозяйства в программе MapInfo Professional (рис.2). В результате проведенной работы оцифрован 31 рабочий участок пашни хозяйства. В качестве исходного материала использовались инвентаризационные планы Белоярского района Свердловской области, было выяснено, что расхождение между вычисленной площадью участков по результатам оцифровки и их площадью по имеющимся в хозяйстве материалам составила в среднем 7%, что по нашему мнению связано с изменением фактических границ рабочих участков хозяйства по сравнению с границами, установленными при последней разработке проекта внутрихозяйственного землеустройства. Также выяснено, что практически все рабочие участки имели форму, благоприятную для проведения сельскохозяйственных обработок.



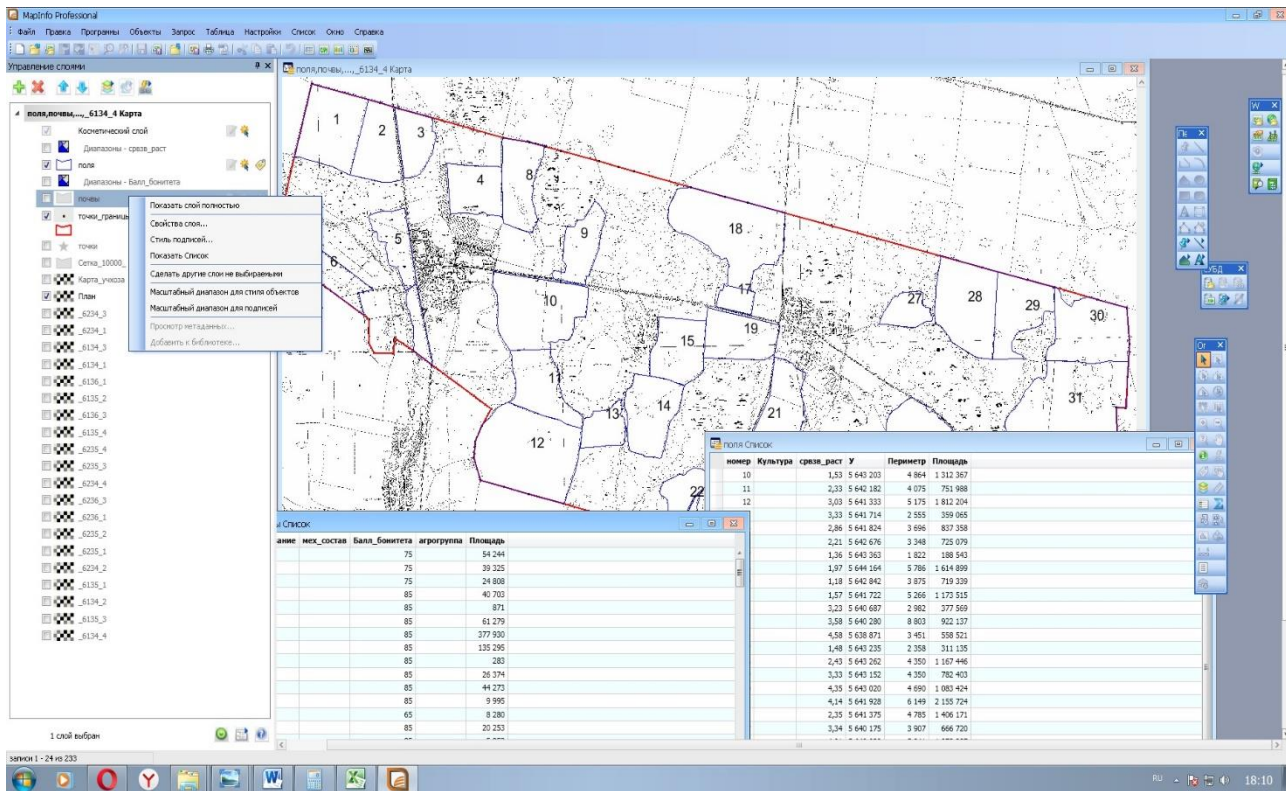


Рисунок 2– Цифровые образы рабочих участков пашни учебно-опытного хозяйства Уральского государственного аграрного университета в программе MapInfo Professional

На втором этапе на оцифрованные земельные участки были наложены результаты почвенного обследования, проведенные под руководством проф. Н.А. Иванова в 1961 г. (рис.3).

Бонитировочная оценка почвенного покрова хозяйства показала, что большая площадь пахотных земель имеет балл бонитета больше 80, что соответствует лучшим почвам. При этом почвенный покров в юго-восточной и центральной части хозяйства достаточно однородный. Наибольшей пестротой отличаются рабочие участки 4, 5, 30 и 31, что связано с негативными процессами в виде заболачивания и оподзоливания.

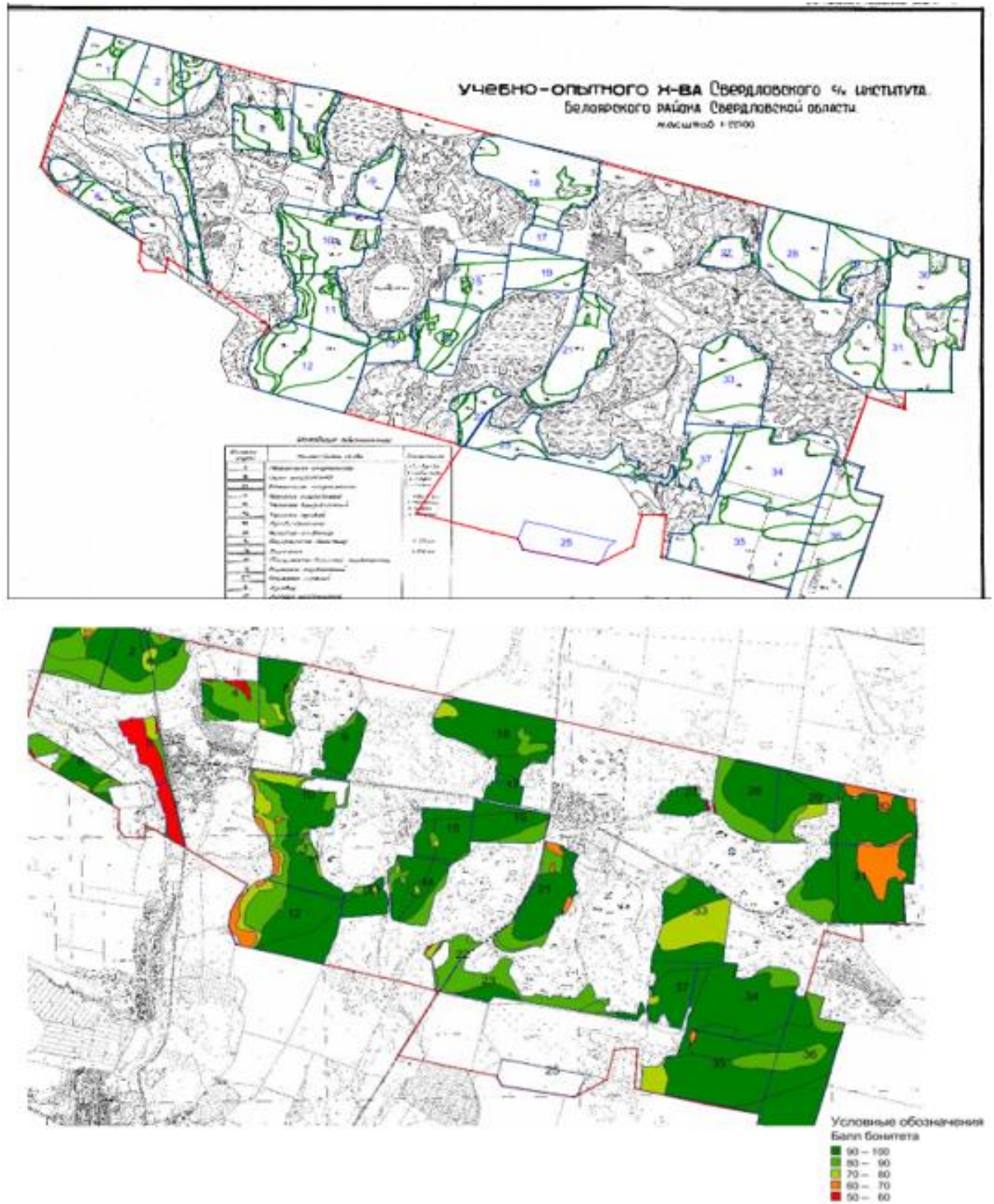


Рисунок 3 – Оцифровка почвенных условий и бонитировка почв на рабочих участках пашни учебно-опытного хозяйства Уральского государственного аграрного университета в программе MapInfo Professional

После оцифровки рабочих участков пашни и предварительной подготовки цифровой модели хозяйства, была создана база данных по каждому рабочему участку хозяйства (3 этап) в программе Агромон .

Картографической основой для создания цифровой базы данных полей являлись материалы дистанционного зондирования Земли на основе космоснимков со спутника Sentinel-2, которые были обработаны в программном комплексе ENVI (рис. 4).

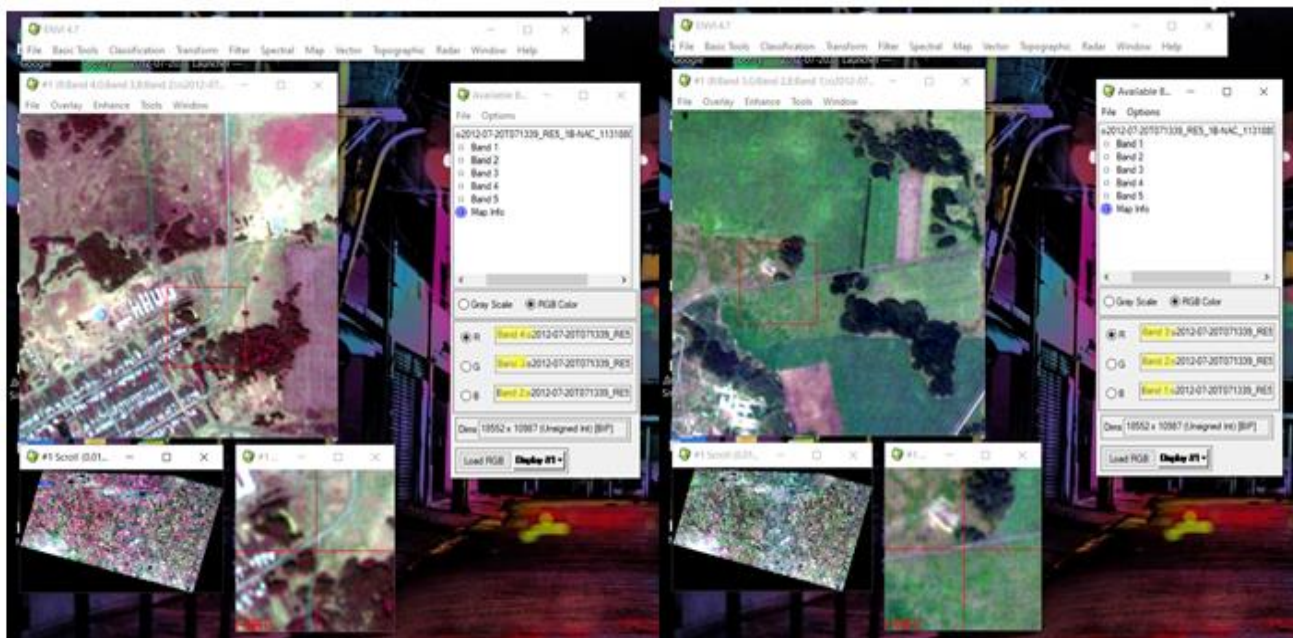


Рисунок 4 – Сбор и анализ материалов дистанционного зондирования о состоянии посевов сельскохозяйственных культур в программе ENVI

В цифровую базу данных УОХ УрГАУ по каждому рабочему участку хозяйства на платформе Агромон (рис.5) была внесена информация по почвенным условиям, предшествующим культурам, ретроспективные данные по внесению удобрений и применению средств защиты растений, урожайности сельскохозяйственных культур.

Осенью 2022 г. были проведены полевые почвенные работы в рамках проекта Урал-Карбон, в котором Уральский ГАУ принимает участие наряду с другими вузами и научными организациями Свердловской области.

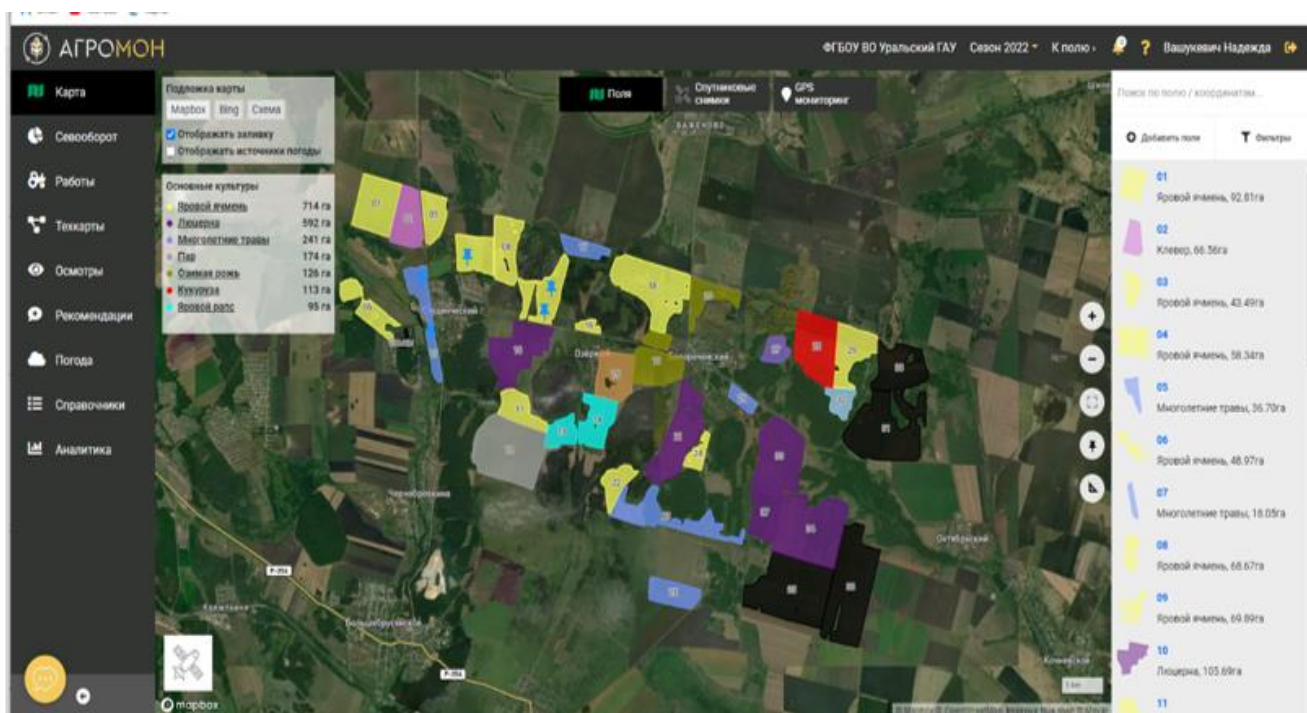


Рисунок 5– Создание цифровой базы данных рабочих участков пашни учебно-опытного хозяйства УрГАУ на цифровой платформе Агромон

Исследования сотрудников УрГАУ ведутся в рамках задачи полигона «оценка ландшафтных, погодно-климатических и антропогенных факторов депонирования углерода экосистемами и разработка на основе этого прогностических моделей».

В рамках адаптации протокола по оценке и мониторингу почвенного органического углерода GSOC-MRV Глобального почвенного партнерства ФАО (FAO's Global Soil Partnership) были проведены работы по внедрению положений протокола на полях учебно-опытного хозяйства [10].

В частности, были отобраны образцы на полях, где согласно требованиям протокола используются базовые практики землепользования. Выбраны производственные поля 4 и 9, различающиеся по типам почв (4- агросерая почва; 9- агрочернозем глинисто-иллювиальный, оподзоленный), а также участки под многолетними травами (5- сенокос; 7- пастбище). Одним из требований Протокола является наличие спутниковых исторических изображений, подтверждающих, что проектные участки не расположены на землях, которые были лесами или водно-болотными угодьями/торфяниками.

На всех базовых участках был проведен отбор почвенных образцов для оценки содержания органического углерода и плотности почв. Согласно требованиям GSOC-MRV протокола был использован стратифицированный, статический синхронный метод с постоянными точками, обеспеченными геоданными. Глубина отбора от 0 до 10 см. На рисунке 6 представлена схема отбора и привязка почвенных образцов, внесенная в базу платформы АгроМон.

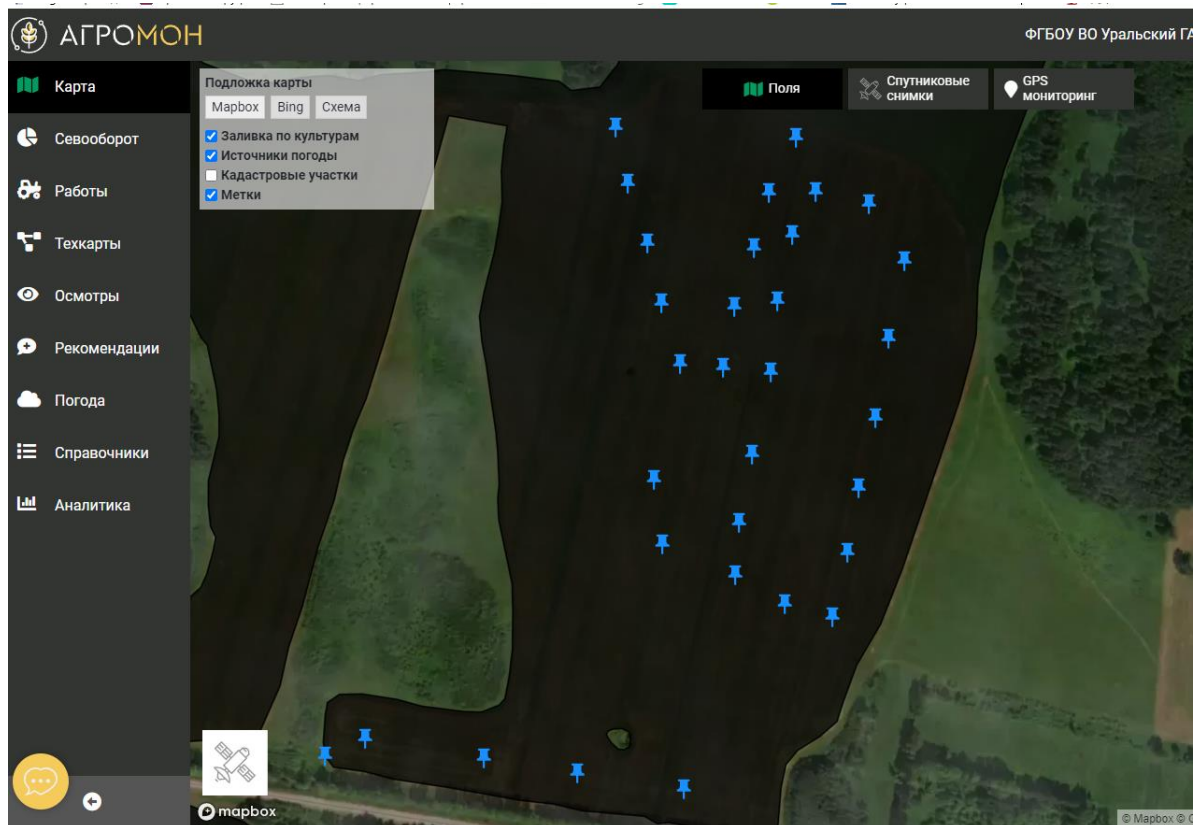


Рисунок 6- Картосхема отбора почвенных образцов с геоданными для участка 9 на цифровой платформе Агромон

По результатам анализа программных пакетов в сфере агропромышленного комплекса выполнен их SWOT анализ (табл. 1).

Как видно из проведенного анализа, одной из слабых сторон современных программных пакетов, применяемых в сельском хозяйстве, является отсутствие возможности расчета прогнозной урожайности и корректировки ее в течение вегетационного периода.

Таблица 1. SWOT анализ программных комплексов агропромышленного комплекса

<p><b>Сильные стороны</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ускорение технологических процессов в сельскохозяйственном производстве</li> <li>2. Экономия производственных ресурсов</li> <li>3. Визуализация производственных процессов</li> <li>4. Исключение «человеческого фактора»</li> </ol>	<p><b>Слабые стороны</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие возможности полного контроля за технологическими процессами со стороны человека</li> <li>2. Разрозненность информационных источников, мешающая формированию единой информационной базы данных</li> <li>3. Недостаточное внимание прогнозированию урожайности, как по многолетним данным, так и по погодным условиям вегетационного периода</li> </ol>
<p><b>Возможности</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Создание единой цифровой модели хозяйства, облегчающего планирование сельскохозяйственного производства</li> <li>2. Возможность оперативного изменение договорных обязательств в соответствии с погодными условиями вегетационного периода</li> <li>3. Облегчение формирования отчетности и проведения анализа хозяйственной деятельности сельскохозяйственного предприятия</li> </ol>	<p><b>Угрозы</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Возможны системные сбои компьютерной техники, могущие повлиять на ход технологических процессов</li> <li>2. Системные ошибки «Умных вещей» при анализе производственной ситуации, могущие привести к нарушению технологического процесса</li> <li>3. Координатные сбои, могущие привести к неправильному определению местоположения объекта</li> </ol>

На основе многолетних данных, собранных учеными кафедры Почвоведения и агроэкологии за 1960-1980 гг. был разработан алгоритм программы по прогнозированию урожайности, учитывающий поступление фотосинтетически активной радиации, количество осадков и суммы положительных температур вегетационного периода, содержание питательных элементов в почве и основных свойств почвы.

Предлагаемая к внедрению программа была названа ее автором, доцентом В. Ф. Селевцевым, АКФЕР (аббревиатура от active fertility – активное плодородие). Она послужила отправной точкой для наших исследований. Основные характеристики этой программы приведены в таблице 2.

Таблица 2. Основные характеристики программы АКФЕР

Системные модули программы	Функциональные возможности	Основные недостатки
Программирование урожая по поступлению фотосинтетически активной радиации (ФАР)	По географическим координатам программа определяет поступление ФАР и рассчитывает максимально возможную урожайность по этому показателю	Расчет ведется по линейной зависимости, которая не в полной мере отражает приход ФАР, не учитывается сезонное распределение ФАР.
Программирование урожая по гидротермическому показателю (ГТК)	По географическим координатам программа определяет сумму активных температур, количество поступивших осадков и рассчитывает максимально возможную урожайность по этому показателю	Расчет ведется по линейной зависимости, которая не в полной мере отражает сумму активных температур, количество поступивших осадков, не учитывается сезонное их распределение.
Программирование урожая по почвенным условиям	По результатам агрохимического обследования программа определяет балл окультуренности почвы, сравнивая значение почвенного показателя с оптимальным значением для конкретной почвы, по среднему баллу окультуренности рассчитывает действительно возможную урожайность	Равный вес почвенного показателя в определении урожайности, отсутствие методики учета полевой диагностики обеспеченности растений питательными элементами.
Интегральное определение прогнозной урожайности	По величине отдельных факторов, влияющих на уровень урожайности, определяется прогнозная урожайность	Отсутствие корректировок в течение вегетационного периода

Таким образом, самым слабым звеном в разработанной программе является отсутствие возможности корректировки урожайности в течение вегетационного периода. Для решения этой проблемы в течение вегетационных периодов 2022-2023 годов ведутся наблюдения за состоянием посевов для выявления корреляционной зависимости биомассы растений от этих показателей. Экспериментальная полевая работа проводится студентами в рамках учебной практики по Мониторингу земель и ГИС. Наблюдения ведутся в виде периодического (раз в две недели) натурного обследования посевов сельскохозяйственных культур на полях, в том числе определение биомассы и видового состава сорной растительности на различных посевах, определение

биомассы культурных растений в посевах, определение основных свойств почв в посевах, определение урожайности.

### **Выводы**

Рассмотренные в данной работе результаты являются необходимым этапом создания комплексной цифровой модели сельхозпредприятия. Материалы дистанционного зондирования Земли- это важное звено подобной информационно-аналитической системы. Данная система в условиях перехода на цифровое сельское хозяйство становится все более актуальной, как с позиции снижения субъективного фактора при планировании сельскохозяйственного производства, так и для программирования урожайности сельскохозяйственных культур на основе результатов мониторинга их состояния.

### **Литература**

1. Буклагин Д.С., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф., Соловьев С.А., Балабанов В.И. Цифровые технологии и системы управления сельскохозяйственным производством: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 88 с.
2. Gusev A., Skvortsov E., Sharapova V. The study of the advantages and limitations, risks and possibilities of applying precision farming technologies. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad, DAICRA 2021" 2022. С. 012019.
3. Костин И. Г. Возможности использования современных геоинформационных систем для агроэкологического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 9. С. 96-105.
4. Костин И.Г. Использование геоинформационных систем для анализа экологического состояния агроландшафтов //Московский экономический журнал. 2023. № 2. URL: <https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-2-2023-7>



5. Степанов А. С., Асеева Т. А., Дубровин К. Н. Влияние климатических характеристик и значений вегетационного индекса NDVI на урожайность сои (на примере районов Приморского края) // Аграрный вестник Урала. 2020. № 1(192). С. 10–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19.

6. Комаров А. А., Комаров А. А. Оценка состояния травостоя с помощью вегетационного индекса NDVI // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 51. С. 124–129.

7. Буклагин Д.С. Цифровые технологии управления сельским хозяйством // МНИЖ. 2021. №2-1 (104). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-upravleniya-selskim-hozyaystvom>.

8. Ерунова М. Г., Симакина А. С., Якубайлик О. Э. Создание базы данных для точного земледелия ОПХ «Курагинское» // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1(178). С. 13–20. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-13-20.

9. Гусев А.С., Варнина В.А., Вашукевич Н.В., Броницкая С.А., Вяткина Г.В. Агроэкологический мониторинг опытного участка Уральского государственного аграрного университета. //Московский экономический журнал. 2022. Т. 7. № 11.

10. Vashukevich N. The implementation of the FAO Carbon Protocol (GSOC-MRV) in the experimental farm of the Ural State Agrarian University // E3S Web Conf. International Scientific and Practical Conference “Ensuring the Technological Sovereignty of the Agro-Industrial Complex: Approaches, Problems, Solutions” (ETSAIC2023). 2023 V.395, 04004. DOI: 10.1051/e3sconf/202339504004

### References

1. Buklagin D.S., Mishurov N.P., Fedorenko V.F., Solov'ev S.A., Balabanov V.I. Tsifrovye tekhnologii i sistemy upravleniya sel'skokhozyaistvennym proizvodstvom: analit. obzor. – М.: FGBNU «RosinformagroteKH», 2021. – 88 s.

2. Gusev A., Skvortsov E., Sharapova V. The study of the advantages and limitations, risks and possibilities of applying precision farming technologies. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Scientific and

Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad, DAICRA 2021" 2022. S. 012019.

3. Kostin I. G. Vozmozhnosti ispol'zovaniya sovremennykh geoinformatsionnykh sistem dlya agroekologicheskogo monitoringa zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34. № 9. S. 96-105.

4. Kostin I.G. Ispol'zovanie geoinformatsionnykh sistem dlya analiza ekhologicheskogo sostoyaniya agrolandshaftov //Moskovskii ehkonomicheskii zhurnal. 2023. № 2. URL: <https://qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-2-2023-7>

5. Stepanov A. S., Aseeva T. A., Dubrovin K. N. Vliyanie klimaticheskikh kharakteristik i znachenii vegetatsionnogo indeksa NDVI na urozhainost' soi (na primere raionov Primorskogo kraya) // Agrarnyi vestnik Urala. 2020. № 1(192). S. 10–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19.

6. Komarov A. A., Komarov A. A. Otsenka sostoyaniya travostoya s pomoshch'yu vegetatsionnogo indeksa NDVI // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 51. S. 124–129.

7. Buklagin D.S. Tsifrovye tekhnologii upravleniya sel'skim khozyaistvom // MNIZH. 2021. №2-1 (104). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-upravleniya-selskim-hozyaistvom>.

8. Erunova M. G., Simakina A. S., Yakubailik O. E. Sozdanie bazy dannykh dlya tochnogo zemledeliya OPKH «KuraginskoE» // Vestnik KraSGAU. 2022. № 1(178). S. 13–20. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-13-20.

9. Gusev A.S., Varnina V.A., Vashukevich N.V., Bronitskaya S.A., Vyatkina G.V. Agroekologicheskii monitoring opytnogo uchastka Ural'skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. //Moskovskii ehkonomicheskii zhurnal. 2022. T. 7. № 11.

10. Vashukevich N. The implementation of the FAO Carbon Protocol (GSOC-MRV) in the experimental farm of the Ural State Agrarian University // E3S

Web Conf. International Scientific and Practical Conference “Ensuring the Technological Sovereignty of the Agro-Industrial Complex: Approaches, Problems, Solutions” (ETSAIC2023). 2023 V.395, 04004. DOI: 10.1051/e3sconf/202339504004

© Гусев А.С., Вашукевич Н.В., Старицына И.А., Беличев А.А., Смирнова А.Д.  
2023. *International agricultural journal*, 2023, № 3, 819-837.

**Для цитирования:** Гусев А.С., Вашукевич Н.В., Старицына И.А., Беличев А.А., Смирнова А.Д. О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР //International agricultural journal. 2023. № 3, 819-837.