

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИИ И
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»
(ФГБНУ «РОСИНФОРМАГРОТЕХ»)

УДК 631.171:631.5(047.31)

Reg. № НИОКТР АААА-А19-119040990058-8

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора

ФГБНУ «Росинформагротех»,

канд. юрид. наук

П. А. Подьяблонский

«04» сентября 2019 г.



ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Исследование технологии координатного земледелия с дифференцированным внесением удобрений и картированием урожайности зерновых культур

по теме: 2.2.4 Проведение исследований и научно-информационное обеспечение формирования цифрового сельского хозяйства и перехода к высокопродуктивному экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработки и внедрения систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных

2.2.4.1 Проведение исследований элементов технологии координатного земледелия при возделывании зерновых культур

Директор КубНИИТиМ

Руководитель темы,
зав. отделом, ведущий науч. сотр.,
канд. техн. наук



М. И. Потапкин

Д. А. Петухов

Новокубанск 2019

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ)

Ответственный исполнитель:

Руководитель темы, зав. отделом,

ведущий науч. сотр., канд. техн. наук


 22.11.2019

Д.А. Петухов

(методическое руководство,
введение, разделы 1, 2, 4, 5, 6, 7,
заключение)

Исполнители:


Науч. сотр.

 22.11.2019

А.Б. Иванов

(разделы 3, 5, 8, приложения
А, Б, В, Г)

Науч. сотр.

 22.11.2019

Е.В. Бондаренко

(разделы 5, 6, 7)

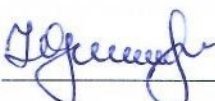
Науч. сотр.

 22.11.2019

М.А. Белик

(раздел 6)

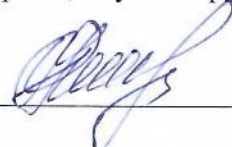
Зав. лабораторией, науч. сотр.

 22.11.2019

Т.А. Юрина

(раздел 6)


Науч. сотр.

 22.11.2019

О.Н. Негреба

(раздел 6)


Агроном

 22.11.2019

И.А. Горчакова

(раздел 6)

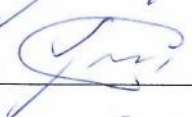
Ученый секретарь

 22.11.2019

В.О. Марченко

(раздел 4)

Нормоконтроль

 22.11.2019

В.О. Марченко

РЕФЕРАТ

Отчет 112 с., 1 ч., 65 рис., 26 табл., 30 источн., 4 прил.

КООРДИНАТНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ, КАРТА-ЗАДАНИЕ, АГРОХИМИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОБООТБОРНИК, ВНУТРИПОЛЕВАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ, ПОЧВЕННОЕ ПЛОДОРОДИЕ, СИСТЕМА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЖДЕНИЯ, ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ, СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ, УРОЖАЙНОСТЬ, СИСТЕМА КАРТИРОВАНИЯ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Объектом исследований является технологический процесс дифференцированного внесения удобрений в зонах с различной внутриполевой неоднородностью почвенно-земельного покрова.

Цель работы – проведение исследований отзывчивости озимой пшеницы и кукурузы на зерно на дифференцированное внесение гранулированных минеральных удобрений и составление карт урожайности в различных зонах с устойчивой внутриполевой неоднородностью.

Метод проведения работы – ретроспективный мониторинг почвенно-земельного покрова по данным дистанционного зондирования полей и наземных измерений.

В результате исследований разработаны карты-задания на дифференцированное внесение минеральных удобрений в участках с различными уровнями почвенного плодородия и созданы электронные карты урожайности зерновых культур.

Новизна – обоснована эффективность всего цикла технологии цифрового (координатного) земледелия, начиная от разработки карт устойчивой внутриполевой неоднородности, заканчивая дифференцированным внесением удобрений и составлением карт урожайности.

Область применения – сельхозтоваропроизводители АПК, внедряющие элементы и технологии координатного земледелия.

Результаты НИР внедрены в производственных технологиях возделывания озимой пшеницы и кукурузы на зерно на полях валидационного полигона КубНИИТиМ.

Экономическая эффективность от применения технологий координатного земледелия при производстве озимой пшеницы и кукурузы на зерно в зонах с высоким уровнем плодородия составит 14,4 и 23,3 тыс. руб./га соответственно. В зонах с низким уровнем плодородия экономическая эффективность составит 7,1 и 2,0 тыс. руб./га по озимой пшенице и кукурузе на зерно соответственно.

Эффективность достигается путем перераспределения доз удобрений внутри поля в виде карт-заданий для техники, оборудованной системами дифференцированного внесения удобрений.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Состояние вопроса	12
2 Рабочая программа и методика проведения исследований	15
3 Результаты обследования поля с описанием почвенных профилей	18
4 Результаты агрохимического обследования почвы.....	29
5 Методика полевых опытов по дифференцированному внесению гранулированных минеральных удобрений.....	35
5.1 Озимая пшеница.....	35
5.2 Кукуруза на зерно	38
6 Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений.....	46
6.1 Озимая пшеница.....	46
6.2 Кукуруза на зерно	54
7 Сравнительный анализ показателей урожайности озимой пшеницы и кукурузы на зерно на участках с низкими и высокими относительными уровнями почвенного плодородия	65
7.1 Озимая пшеница.....	65
7.2 Кукуруза на зерно	72
8 Результаты картирования урожайности при уборке зерновых культур.....	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	96
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	98
ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) Карты-схемы производственного опыта по дифференцированному внесению минеральных удобрений под посев озимой пшеницы и на весенних подкормках согласно карт-заданий	102
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное) Карты-схемы производственного опыта по дифференцированным подкормкам озимой пшеницы согласно карт-заданий.....	105

ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное) Карты-схемы производственного опыта по дифференцированному внесению минеральных удобрений под посев кукурузы на зерно согласно карт-заданий	107
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (справочное) Карты-схемы с точками фенологических наблюдений за ростом и развитием растений на опытных полях в различных зонах почвенного плодородия	109

ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями и сокращения:

автоматическое вождение сельскохозяйственных машин – процесс автоматического управления направлением движения сельскохозяйственных машин по заданной траектории под управлением системы автономного вождения с использованием системной навигационной информации об объекте навигации

большие спутниковые данные – точка планеты размером от 30×30 м с накопленными тысячами кадров данных дистанционного зондирования

дифференцированное внесение (в координатном земледелии) – процесс внесения в почву материалов (семян, удобрений, средств защиты растений) с переменной дозой, рассчитанной на основе анализа плодородия почв и/или состояния посевов

картирование урожайности – технология точного земледелия, призванная определить неоднородность главного из показателей – урожайности

координатное земледелие – система управления продукционным процессом сельскохозяйственных (с.-х.) культур, основанная на комплексном использовании современных информационных, навигационных и телекоммуникационных технологий, программно-технических средств и систем, обеспечивающих оптимизацию агротехнологических решений применительно к конкретным почвенно-климатическим и хозяйственным условиям

неоднородность почвенного покрова – характеристика почвенного покрова, одновременно отражающая его сложность и контрастность

нормализованный относительный индекс вегетации – искусственный безразмерный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (плотности растительности), используемый для решения задач количественной оценки растительного покрова

параллельное вождение сельскохозяйственных машин – процесс ручного управления направлением движения сельскохозяйственных машин по заданной траектории, в том числе с использованием курсоуказателя

электронная карта агрохимического обследования почв земель сельскохозяйственного назначения – электронная тематическая карта, содержащая количественные характеристики показателей содержания питательных веществ и химических элементов на элементарных участках в пределах обследованного пространственного объекта

электронная карта биомассы растений – электронная тематическая карта, содержащая значения нормализованного индекса вегетации сельскохозяйственной культуры в пределах обследованного пространственного объекта

электронная карта урожайности – электронная тематическая карта, содержащая количественные характеристики показателей урожайности и состояния посевов культуры в пределах обследованного пространственного объекта

БПЛА – беспилотный летательный аппарат

ВНППЗП – внутриполевая неоднородность плодородия почвенно-земельного покрова

ДДЗ – данные дистанционного зондирования

ПЗП – почвенно-земельный покров

с.-х. - сельскохозяйственные

УВН – устойчивая внутриполевая неоднородность

KML (Keyhole Markup Language) – формат файлов, который используется для отображения географических данных в программах Google Планета Земля, Карты Google и Карты Google для мобильных устройств

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности, простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы

WRB – мировая реферативная база почвенных ресурсов

ВВЕДЕНИЕ

Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996 предусматривает создание и внедрение современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, которые будут способствовать повышению урожайности и эффективности производства зерна [1].

В настоящее время одним из перспективных направлений развития сельского хозяйства является реализация программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Одной из ключевых задач данной программы является внедрение цифровых инструментов – координатного земледелия для использования информационных ресурсов, платформ и технологий, повышающих эффективность производства. Предметными задачами цифровой трансформации сельского хозяйства [2] являются:

- применение технологий цифрового анализа структуры, состава и состояния почв, мониторинга посевов для повышения урожайности и предиктивного (предсказуемого) анализа урожая, вредителей и др.;

- разработка технических требований и внедрение аппаратуры дифференцированного внесения удобрений и химикатов для систем цифрового и координатного земледелия на основе цифровых почвенных карт и карт урожайности, показывающих особенности свойства на каждом участке поля.

Понятие «цифровизация сельского хозяйства» подразумевает собой – модель экономического поведения участников аграрного бизнеса, базирующегося на рыночных отношениях свободного производства, распределения, обмена, потребления товаров и услуг по определенным правилам с использованием ГЛОНАСС/GPS навигации, беспилотных летательных аппаратов, цифровых беспроводных средств измерений, мобильной связи, интернета, новых материалов, информационных, цифровых и других технологий [3].

Данное направление развития сельского хозяйства требует от агрономиче-

ских служб хозяйств принятия оперативных производственных решений, создания единой базы электронных карт полей, с их подробным описанием и внутриполевой неоднородностью для оценки и прогноза изменений состояния почв и почвенного покрова, протекающих под воздействием множества факторов.

Следовательно, с развитием науки и техники в области сельского хозяйства разработка современных технологий возделывания с.-х. культур невозможна без применения системы координатного земледелия, которая в числе прочего подразумевает: дифференцированное внесение удобрений и средств защиты растений, картирование урожайности и др. элементы точного земледелия [4]. Основным принципом дифференцированного внесения подразумевает необходимый минимум средств химизации для достижения экономически оправданного урожая, при этом фактически ставится цель оптимального ведения растениеводства, которое должно быть основано на знаниях о плодородии почвы в разрезе его внутриполевой неоднородности.

Первоочередной задачей при внедрении технологий координатного земледелия является наличие у сельхозтоваропроизводителей следующего технического обеспечения [5]:

- современной с.-х. техники, способной дифференцированно выполнять технологические операции при помощи бортового компьютера;
- агронавигаторов для точного позиционирования с.-х. техники;
- приборов и систем, позволяющих выявлять внутриполевую неоднородность и управлять дозированным внесением материала (автоматические пробоотборники, сенсоры, измерительные комплексы и др.);
- уборочных машин, оборудованных системами картирования урожая;
- компьютерных программ предназначенных для сбора и анализа информации с учетом внутриполевой вариабельности характеристик и обеспечивающих автоматизированное ведение электронной базы данных полей.

Исследования по изучению влияния внутриполевой неоднородности на урожайность сельскохозяйственных культур приобретают особенное значение с применением цифровых технологий точного земледелия, т.к. получае-

мые результаты, как правило, свидетельствуют об эффективности использования высокоинтенсивных агротехнологий в условиях неоднородности [6, 7]. Одной из наиболее важных технологий точного земледелия является картирование, которая позволяет определить неоднородность главного из показателей – урожайности. Таким образом, научно-технические возможности системы точного земледелия позволяют выявлять, учитывать неоднородность и дифференцированно воздействовать на неё и за счет этого получать прирост экономического эффекта сельскохозяйственного производства [8].

Главной проблемой при внедрении технологий координатного земледелия в сельхозпредприятиях является отсутствие электронных карт устойчивой внутриполевой неоднородности полей, карт урожайности и карт-заданий для прецизионной техники. Использование электронных карт устойчивой внутриполевой неоднородности (УВН) и карт урожайности [9] позволит подходить к планированию и проведению опытов на новом методологическом уровне, сократит время перехода с одной схемы опыта к другой, позволит закладывать больше вариантов и учитывать результаты в цифровом виде.

Цель НИР – проведение исследований отзывчивости озимой пшеницы и кукурузы на зерно на дифференцированное внесение гранулированных минеральных удобрений и составление карт урожайности в различных зонах с устойчивой внутриполевой неоднородностью.

технологии координатного земледелия с дифференцированным внесением удобрений и картированием урожайности зерновых культур.

Данная работа заключается в исследовании и анализе результатов закладки полевых опытов на полях озимой пшеницы 6/3 и 7/3, и на полях кукурузы на зерно 12/1 и 11/1 валидационного полигона КубНИИТиМ.

Задачами данной НИР являются:

- разработка карт-заданий на каждое поле с рекомендациями по корректировкам доз минеральных удобрений;

- закладка полевых опытов по дифференцированному внесению минеральных удобрений на полях озимой пшеницы и кукурузы на зерно в участ-

ках с различными относительными уровнями почвенного плодородия;

- посев кукурузы на зерно агрегатом, оборудованным системой автоматического вождения;

- проведение фенологических наблюдений за ростом и развитием растений озимой пшеницы и кукурузы на зерно в различных зонах внутрислоевой неоднородности почвенно-земельного покрова (ПЗП);

- проведение уборки опытных полей с составлением электронных карт урожайности по зонам плодородия;

- определение продуктивности посевов на участках с разными уровнями относительного плодородия;

- расчет экономической эффективности дифференцированного внесения удобрений на участках с различными уровнями почвенного плодородия.

Исходные данные для проведения НИР – научно-техническая литература, научные статьи, карты устойчивой внутрислоевой неоднородности полей КубНИИТиМ, результаты ретроспективного и спутникового мониторинга полей, агрохимического обследования, картирования урожайности и результаты закладки полевых опытов, полученные специалистами КубНИИТиМ в 2018-2019 гг.

Выполнение данной НИР будет содействовать масштабному внедрению технологии координатного земледелия с дифференцированным внесением удобрений и картированием урожайности зерновых культур, а также способствовать повышению экономической эффективности производства озимой пшеницы и кукурузы на зерно благодаря подбору рациональных доз минеральных удобрений для различных зон почвенного плодородия.

1 Состояние вопроса

В настоящее время бурно развиваются технологии умного земледелия [10, 11, 12] и больших данных [13, 14, 15]. В этих технологиях есть различные направления, некоторые из которых технологически пересекаются. В умном земледелии широко используется координатное или точное земледелие. В рамках точного земледелия существует направление, основанное на применении карт-заданий. Карты-задания позволяют осуществлять дифференцированное применение средств химизации. В свою очередь дифференцированное воздействие предполагает наличие внутриполевой неоднородности плодородия [16]. Карты заданий формируются на основе карт внутриполевой неоднородности. Получение карт внутриполевой неоднородности задача неоднозначная. Существует множество подходов к оценке внутриполевой неоднородности: наземными методами почвенного обследования, методами агрохимического обследования, анализом информации с различных датчиков установленных на сельскохозяйственной технике, дифференцированным замером урожайности сельскохозяйственных культур и т.д. Одним из направлений формирования карт внутриполевой неоднородности является анализ данных дистанционного зондирования (ДДЗ) [17, 18, 19]. Большинство технологий позволяют анализировать небольшое количество ДДЗ, чаще всего один-два кадра, в то время как объем ДДЗ уже достиг размеров множества спутниковых данных.

Термин – большие спутниковые данные – означает, что на любую точку планеты размером от 30×30 м накоплены тысячи кадров ДДЗ. Большинство из этих кадров получены в спектральных диапазонах, пригодных для расчетов вегетационных индексов (ВИ). Предполагается, что ВИ отражают состояние растительности на момент съемки. Технологии больших данных позволяют проводить анализ не отдельных кадров, а получать некий интегральный показатель всего массива ДДЗ на точку [20]. Для поля в 50 га может быть обработано более 10 млн. единиц спектральных данных.

Временной охват больших спутниковых данных составляет не менее 34 лет, начиная с 1984 г. по настоящее время (2019 г.). Таким образом, замена ВИ одного срока съемки на интегральный показатель состояния растительности за 30-35 лет дает исследователю не просто внутрислоевую неоднородность на какой-то момент времени, а устойчивую внутрислоевую неоднородность. Устойчивость достигается именно обработкой больших массивов данных. Иными словами, большие данные позволяют стабилизировать отображение состояния растительности, которое варьирует от года к году.

Авторы [20] предлагают использовать именно термин «устойчивая внутрислоевая неоднородность плодородия почв». Этот термин означает некоторое усредненное состояние культурной растительности на поле за 30 и более лет.

Можно предположить, что карта устойчивой внутрислоевой неоднородности должна соответствовать зонам различного плодородия внутри поля [16]. В таком случае на базе устойчивой внутрислоевой неоднородности можно формировать карты-задания для точного земледелия.

Одним из альтернативных способов оценки внутрислоевой неоднородности может служить обследование посевов во время вегетации путем сканирования биомассы, или, как частный случай такого сканирования – подробный учет урожайности, т.е. для составления картограммы неоднородности почвы можно идти от обратного и не анализировать состояние почвы, и во время уборки оценивать урожайность не в среднем по всему полю, а на каждом конкретном его участке. Исходя из этих данных, составляется карта урожайности поля. По этой карте, зная, какие участки поля дали больший урожай, а какие меньший, можно планировать программу внесения удобрений, возвращая почве то, что было у неё взято [21].

Картирование урожайности – это технология точного земледелия, призванная определить неоднородность главного из показателей – урожайности. С помощью специальных датчиков, установленных на комбайнах, а также бортовых компьютеров и приемников GPS в процессе уборки урожая можно

получить пространственно ориентированные карты урожайности и влажности зерна. Составление подобных карт является неотъемлемой частью технологии точного земледелия и позволяет осуществлять прогноз урожайности. Измерение массы намолоченного зерна, содержания сухого вещества, убранной площади поля с учетом координат является обязательным условием при создании карт урожайности для работы в системе точного земледелия. Среди оборудования, предназначенного для оценки показателей урожайности, важное место занимают различные датчики: оптический датчик объема зерна в бункере, влажности зерна, поперечных и продольных отклонений жатки и др.), представляющие собой набор сенсоров. Их применение дает возможность определять урожайность и влажность зерна с единицы площади с учетом местоположения комбайна и компенсации неровности поля [22].

Таким образом, концепция точного земледелия, интенсивно развивающегося направления в земледелии, рассматривает сельскохозяйственное поле как неоднородное и предполагает соответствующую дифференциацию при проведении агротехнических операций.

Следовательно, при внесении постоянной дозы удобрений нельзя добиться оптимизации питания всех растений. Поэтому удобрения нужно вносить в почву дифференцированно по картам-заданиям, с учетом количества ранее накопленных в ней основных питательных веществ и ряда других характеристик конкретного участка поля.

2 Рабочая программа и методика проведения исследований

Рабочей программой исследований предусмотрено выполнение следующих основных этапов работ:

- проведение почвенных разрезов на поле 11/1 для описания морфологических признаков почвенного профиля;

- выполнение агрохимического обследования почвы на поле 11/1 с помощью автоматизированного пробоотборника Wintex 2000, смонтированного на квадроцикле CFMOTO, с целью определения степени обеспеченности почвы основными элементами минерального питания, создания электронных карт агрохимического обследования почв и расчета доз удобрений под посев кукурузы на зерно;

- оборудование разбрасывателя минеральных удобрений Vogballe M2 base системой параллельного вождения «Агронавигатор-Асур-Дозатор» с автоматическим управлением расходом минеральных удобрений для выдерживания дозы при изменениях скорости и по местоположению на поле;

- построение карт устойчивой внутриполевой неоднородности плодородия почвенно-земельного покрова, применив метод ретроспективного мониторинга почвенно-земельного покрова и данные дистанционного зондирования полей;

- разработка карт-заданий на опытные поля озимой пшеницы и кукурузы на зерно в формате KML с рекомендациями по корректировкам доз минеральных удобрений в зонах устойчивой внутриполевой неоднородности плодородия почвенно-земельного покрова;

- закладка полевых опытов по дифференцированному внесению минеральных удобрений на полях озимой пшеницы и кукурузы на зерно в участках с различными относительными уровнями почвенного плодородия;

- оборудование посевного агрегата Беларус 1025.2+Kuhn Planter III системой автоматического вождения Trimble TMX-2050+EZ-Pilot и проведение посева кукурузы на зерно;

- проведение фенологических наблюдений и спутникового мониторинга за растениями озимой пшеницы и кукурузы на зерно для сравнительного анализа показателей (числа растений, высоты и др.);

- оборудование зерноуборочного комбайна Десна-Полесье GS-12 системой картирования Trimble для создания электронных карт урожайности опытных полей;

- определение урожайности на всех опытных полях в различных зонах плодородия ручным методом с привязкой по GPS с помощью специализированного программного обеспечения «Дневник Агронома» и при помощи зерноуборочного комбайна Десна-Полесье GS-12 с системой картирования урожайности;

- сравнение показателей урожайности озимой пшеницы и кукурузы на зерно по зонам плодородия;

- установление эффективности дифференцированного внесения удобрений в участках с различными относительными уровнями почвенного плодородия;

- расчёт экономической эффективности применения технологий координатного земледелия при производстве озимой пшеницы и кукурузы на зерно.

В соответствии с поставленными задачами в данной работе была разработана общая методика экспериментальных исследований, которая включала в себя ранее утвержденные и вновь разработанные методики:

- методику полевого опыта для определения почвенной разности и степени однородности почвы, которая предусматривала почвенное обследование (почвенные разрезы, прикопки), на основании которых составляли почвенную карту поля. Почвенные разрезы закладывали по периметру опытного поля (вдоль границ участка). После закладки разрезов проводили описание морфологических признаков почвенного профиля (строение и мощность почвенного горизонта, форму их границ, окраску, гранулометрический состав, сложение, структуру, новообразования и включения);

- методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения, по которым проводилось агрохимическое обследование почвенного покрова [23];

- метод ретроспективного мониторинга с использованием десятков разновременных данных дистанционного зондирования полей, согласно которому были построены карты внутриполевой неоднородности почвенно-земельного покрова;

- методику полевых опытов, которая предусматривала дифференцированное внесение гранулированных минеральных удобрений различными дозами по зонам плодородия и уборку урожая с составлением цифровых карт урожайности;

- методику фенологических наблюдений за растениями, которая включала следующие этапы: выбор мест и точек наблюдения, признаков определения фаз развития и частоты осмотра наблюдаемых растений, регистрацию дат и сроков наступления фаз развития растений.

С целью масштабирования технологий координатного земледелия с дифференцированным внесением удобрений и картированием урожайности зерновых культур, экспериментальные исследования проведены на полях озимой пшеницы 7/3 (31 га), 6/3 (43 га) и кукурузы на зерно 11/1 (72 га), 12/1 (69 га) валидационного полигона Новокубанского филиала ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ).

В данной работе использованы: результаты заложенного на поле 7/3 в сентябре 2018 г. опыта с дифференцированными и на поле 6/3 с хозяйственными дозами основного внесения минерального удобрения перед посевом озимой пшеницы; результаты анализа элементов питания по зонам плодородия на поле 11/1, полученные агрохимлабораторией в 2018 г. и результаты анализа типа почв и границ между различными слоями, полученные специалистами Почвенного института им. В.В. Докучаева по почвенным разрезам на поле 11/1 в 2018 г.

3 Результаты обследования поля с описанием почвенных профилей

Валидационный полигон КубНИИТиМ является структурным подразделением Новокубанского филиала ФГБНУ «Росинформагротех» и служит базой для проведения научно-исследовательских работ по разработке, совершенствованию и внедрению современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в т.ч. технологий координатного земледелия, расположен в западной части Новокубанского района, в равнинной зоне Краснодарского края. Климат умеренно-континентальный, с неустойчивым увлажнением. Количество осадков по многолетним данным составляет 580 мм, выпадающих в течение года неравномерно.

Опытное поле 11/1 валидационного полигона КубНИИТиМ расположено западнее пос. Дальний. Слабо наклонная водораздельная поверхность Кубани и Лабы, расчлененная верховьями балок и рек. Поле 11/1 ограничено с четырех сторон лесополосами из акации. Рельеф – пологий приводораздельный склон западной экспозиции. Он осложнен двумя слабовогнутыми верховьями широких ложбин западного простирания в северо-западной части поля и склоном с более заметным уклоном в сторону балки в юго-западной части поля.

Поле используется под пашню. В 2018 г. выращивали озимую пшеницу. В сентябре выполнена вспашка на 27 см и дискование поверхностного слоя. 20 сентября был сильный дождь (22 мм), после этого до 2 октября было сухо и жарко. В первой половине дня 2 октября поверхность почвы сухая, пахотный горизонт с глубины от 15 до 20 см влажный. 2 октября вечером прошел небольшой дождь (около 3 мм), увлажнив верхние несколько миллиметров комков и глыб. 3 октября было солнечно без осадков. Поверхность почвы высохла к полудню. 4 октября в первой половине дня шёл сильный дождь, увлажнив поверхностный разрыхленный дискованием горизонт на глубину от 5 до 10 см. Разрезы на поле были выкопаны экскаватором от 180 до 210 см (рисунок 1).



Рисунок 1 – Проведение почвенных разрезов на поле 11/1

Описания сделаны 2 и 3 октября 2018 г. Расположение почвенных разрезов приурочено к областям поля, отличающимся по многолетней вариабельности состояния культур, установленным на основе специальной обработки разновременных данных дистанционного зондирования, охватывающих период времени с 1970 до 2018 г.

По результатам обработки дистанционной информации выделено три вида областей, обозначенных разным цветом: красные области – наибольшая отзывчивость на внесение удобрений, желтые области – фоновая часть со средней отзывчивостью на удобрения, синие области – минимальная отзывчивость на удобрения или её отсутствие.

Нумерация разрезов в разных областях: красные области – разрезы 1, 2 и 8; желтые области – разрезы 5, 6 и 10; синие области – разрезы 3, 4б и 7 (рисунок 2).



Рисунок 2 – Общий вид почвенного разреза

На всем поле после дискования на поверхности почвы через каждые 40-50 см лежат глыбистые отдельности диаметром от 7 до 15 см. Глыбы покрыты сетью трещин и в большинстве случаев сравнительно легко распадаются на более мелкие (от 1 до 4 см, в среднем около 2 см) угловатые агрегаты с острыми ребрами и шероховатыми гранями, возникшими при растрескивании. Синие области отличаются более часто встречающимися прочными глыбами, которые с трудом раскалываются на более мелкие части.

Разрез 6. Координаты: N 44°57'58.5", E 40°48'49.9".

Центральная часть поля, очень слабо наклонная поверхность, желтая область по отзывчивости на удобрения.

PU1, от 0 до 14 см, верхняя часть пахотного горизонта взрыхленная дискованием. Темно-серый, свежий, рыхлый, осыпается со стенки при копке, тяжелосуглинистый. Структура: сочетаются (1) глыбистые отдельности диаметром от 5 до 7 см, сравнительно легко разрушаемые руками на более мел-

кие агрегаты, (2) угловатые неправильной формы агрегаты от 2 до 3 см, имеющие острые ребра и шероховатые грани, образующиеся при растрескивании глыб, (3) ореховатые и зернистые отдельности от 2 до 10 мм. Все три группы структурных отдельностей лежат рыхло вперемешку с остатками соломы. Между структурными отдельностями часто встречаются большие пустоты. Не вскипает от HCl. Переход ясный по сложению, граница слабоволнистая.

PU2, от 14 до 27 см, срединная часть пахотного горизонта, ежегодно оборачиваемая плугом. Темно-серый, влажноватый, местами влажный, уплотнен, тяжелосуглинистый. Структура глыбистая от 10 до 15 см, с трудом разрезается лопатой. Глыбы раскалываются по внутренним трещинам на угловатые отдельности неправильной формы. Между глыбами засыпан материал из агрегатов от 2 до 5 мм и от 20 до 30 мм, перемешанный с остатками соломы. Ходы корней и червей. Не вскипает от HCl. Переход резкий по сложению, граница ровная.

PU3, от 27 до 35 см, слой, периодически (раз в 5 лет) обрабатываемый чизелем в виде долота шириной 7 см с расстоянием между стойками 40 см. Темно-серый, влажный, пластичный, тяжелосуглинистый. Структура смешанная: чередуются участки с зернистыми и ореховатыми агрегатами и копролитами и участки с угловатыми уплотненными агрегатами неопределенной формы с острыми ребрами и шероховатыми гранями, возникающие при уплотнении. Не вскипает от HCl, мелкие корни. Переход заметный по структуре, граница ровная.

AU, от 35 до 50 см, сохранившая часть темногумусового горизонта. Темно-серый, однородный по окраске, влажный, пластичный, липнет к лопате и ножу, тяжелосуглинистый. Структура преимущественно зернистая и ореховатая с копролитами, местами встречаются участки с угловатыми уплотненными агрегатами неопределенной формы с острыми ребрами и шероховатыми гранями. Не вскипает от HCl, мелкие корни, ходы червей. Переход ясный по окраске и вскипанию, граница слабоволнистая.

AU_b, са, 1с, от 50 до 90 см, нижняя часть темногумусового горизонта с миграционными формами карбонатов. Буровато-темно-серый на срезе. Вниз по профилю серый тон постепенно ослабевает. Поверхность агрегатов темно-серая без буроватого оттенка, при этом от 5 % до 10 % поверхности агрегатов покрыта нерегулярно разбросанными белесыми тонкими пленками разной формы лабильных (миграционных) форм карбонатов. Срез преимущественно однородный по окраске, нарушают однородность малоконтрастные крапчатые морфоны кротовин. Влажноватый, тяжелосуглинистый. Структура зернистая и ореховатая, местами с копролитами. Агрегаты преимущественно компактно прилегают друг к другу своими гранями, образуя мелкобугорковатую поверхность при разломе большого куска горизонта руками или отлаивании фрагмента ножом без разрезания агрегатов. Открытые преимущественно вертикальные ходы диаметром от 2 до 7 мм. Некоторые из них частично заполнены копролитами. Наибольшее число ходов в верхней части горизонта, глубже их количество уменьшается. Сплошное бурное вскипание от HCl. Выделения карбонатов в виде узких от 0,5 до 1,5 мм и удлинённых от 3 до 4 мм неровных полосок, чередующихся с пленками амёбообразной формы диаметром от 2 до 4 мм на гранях агрегатов и на стенках открытых ходов жуков, червей или корней. Обилие пленок карбонатов постепенно увеличивается сверху вниз. Переход постепенный по окраске, граница слабоволнистая.

ABса, 1с, от 90 до 145 см, переходный гумусированный горизонт с миграционными формами карбонатов. Горизонт неоднородный по окраске, более светлый по сравнению с горизонтом AU_b, са, 1с: чередуются серовато-бурые и буровато-серые мелкие сильно изрезанные преимущественно вертикально ориентированные вытянутые малоконтрастные пятна шириной от 2 до 4 мм. Влажноватый, тяжелосуглинистый. Структура двух порядков: высший – призмовидные непрочные отдельности шириной от 3 до 5 см и высотой от 5 до 8 см; низший – мелкоореховатые агрегаты от 5 до 7 мм, компактно прилегающие друг к другу своими гранями. Вертикальные ходы жуков

диаметром от 5 до 7 мм, более редко ходы червей диаметром от 2 до 4 мм. Некоторые из ходов заполнены копролитами. Вскипает от HCl. Обильные пленки миграционных форм карбонатов на гранях агрегатов и стенках открытых ходов, покрывающие от 15 % до 20 % поверхности (горизонт максимального обилия этого признака в профиле). Кротовины, заполненные серым и смешанным (крапчатым) материалом. В кротовинах часто выше обилие карбонатных пленок. Редкие тонкие корни. Переход постепенный по цвету и форме карбонатных новообразований, граница слабоволнистая.

BCAmc, i, от 145 до 180 см, аккумулятивно-карбонатный горизонт. Желто-бурый с серо-бурыми пятнами и субвертикальными полосами бывших ходов разных землероев, заполненных материалом вышележащих горизонтов. Влажноватый, тяжелосуглинистый. Структура призматическая непрочная шириной от 2 до 4 см и высотой от 4 до 6 см. Боковые грани часто покрыты тонкими заглаженными кутанами (признак i), мало отличающимися по цвету от массы внутри агрегата. Сплошное бурное вскипание от HCl. Выделения карбонатов в виде псевдомицелия – тонких прожилок толщиной от 0,2 до 0,5 мм (редко до 1 мм) и длиной от 5 до 10 мм, заполняющих цилиндрические поры. Прожилки часто соприкасаются своими концами, образуя звездчатые формы с тремя или четырьмя лучами. Материал, заполняющий кротовины, малоконтрастный по отношению к основной массе горизонта. Тогда как вертикальные ходы жуков заполнены серым или темно-серым материалом поверхностных горизонтов, что делает их хорошо заметными. Переход постепенный по появлению белоглазки, граница волнистая.

BCca, mc, nc, i, от 180 до 210 см, переходный к почвообразующей породе горизонт. Желто-бурый с темно-серыми узкими (около 1 см) вертикальными полосами, влажноватый, уплотненный, тяжелосуглинистый. Структура призматическая непрочная с кутанами на боковых гранях. Ее размеры приблизительно такие же (до 4 см по ширине и до 6 см по высоте), как в горизонте BCAmc, i, но отличается способностью разламываться по вертикали, образуя вертикально уплотнённые агрегаты толщиной от 5 до 7 мм и шири-

ной от 20 до 30 мм. Сплошное бурное вскипание от HCl. Карбонатные выделения двух видов: (1) мицелий – прожилки толщиной от 0,5 до 1 мм и длиной от 5 до 15 мм; (2) белоглазка – округлые диаметром от 7 до 20 мм белые объемные скопления мелкодисперсных мучнистых карбонатов («мягкая» масса, легко нарушаемая ногтем), центральная часть которого включает плотные твердые зерна карбонатных стяжений диаметром от 1 до 10 мм. Форма белоглазки преимущественно изометрическая, окружающая её суглинистая масса не имеет признаков деформирования структуры. Встречается белоглазка гнездами по 2-5 штук на расстояниях от 2 до 4 см одного пятна от другого и от 10 до 20 см одного гнезда скоплений до другого. Редкие кротовины, заполненные серым материалом, и сравнительно частые (через 7-10 см по горизонтали) вертикальные полосы ходов жуков, заполненные темно-серым материалом.

Почва:

- *классификация 1977 г.* – чернозем типичный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *классификация 2004, 2008 гг.* – агрочернозем миграционно-мицелярный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *WRB-2015* – *Naпlic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic)*.

Разрез 1 (экскаватор). Координаты: N 44°58'10.2", E 40°48'57.2". Северо-восточная часть поля, слабо выпуклая поверхность, красная область по отзывчивости на удобрения: PU1, от 0 до 12 см; PU2, от 12 до 28 см; PU3, от 28 до 37 см; AU, от 37 до 50 см; AUb, ca, от 50 до 70 см; AUb, ca, lc, от 70 до 120 см; AVca, lc, от 120 до 160 см; BCAmc, lc, zoo от 160 до 185 см; BCca, mc, pc, i, от 185 до 204 см.

Почва:

- *классификация 1977 г.* – чернозем типичный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *классификация 2004, 2008 гг.* – агрочернозем миграционно-

мицелярный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *WRB-2015* – *Naptic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic)*.

Разрез 1 (ручная копка). Координаты: N 44°58'10.1", E 40°48'57.1", в 5 м к востоку от разреза 1 (рисунок 3).

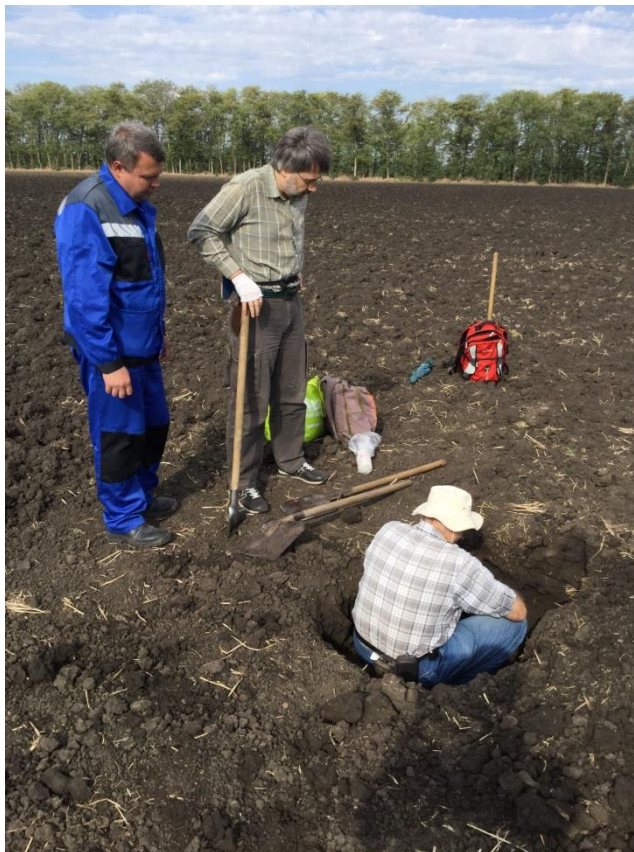


Рисунок 3 – Общий вид разреза при ручной копке

Северо-восточная часть поля, слабо выпуклая поверхность, красная область по отзывчивости на удобрения: PU1, от 0 до 12 см; PU2, от 12 до 28 см; PU3, от 28 до 40 см; AU, от 40 до 48 см; AUb, са, от 48 до 60 см; AUb, са, Іс, от 60 до 80 см; АВса, Іс, от 80 до 125 см.

Почва:

- *классификация 1977 г.* – чернозем типичный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *классификация 2004, 2008 гг.* – агрочернозем миграционно-мицелярный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *WRB-2015* – *Naptic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic)*.

Разрез 10. Координаты: N 44°58'05.2", E 40°48'55.2". Северо-восточная часть поля, вогнутая поверхность – днище верховья широкой ложбины, желтая область по отзывчивости на удобрения: PU1, от 0 до 12 см; PU2, от 12 до 30 см; AUad, от 30 до 40 см; AUb, от 40 до 57 см; AUb, са, от 57 до 65 см; AUb, са, lc, от 65 до 80 см; АВса, lc, zoo, от 80 до 140 см; АВса, lc, mc, zoo, от 140 до 160 см; ВСАmc, от 160 до 175 см; ВСса, mc, nc, i, от 175 до 209 см.

Почва:

- *классификация 1977 г.* – чернозем типичный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *классификация 2004, 2008 гг.* – агрочернозем миграционно-мицелярный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *WRB-2015* – *Нaplic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic)*.

Разрез 7. Координаты: N 44°58'02.6", E 40°48'55.7". Центральная часть поля, выпуклая поверхность – наклонный водораздел между верховьями двух широких ложбин, синяя область по отзывчивости на удобрения: PU1, от 0 до 10 см; PU2, от 10 до 23 см; AUb, (ad) или даже АВ (ad), от 23 до 35 см; АВса, lc, от 35 до 120 см; ВСАmc, lc, i, zoo, от 120 до 150 см; ВСса, mc, nc, i, от 150 до 185 см.

Почва:

- *классификация 1977 г.* – чернозем типичный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *классификация 2004, 2008 гг.* – агрочернозем миграционно-мицелярный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *WRB-2015* – *Нaplic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic)*.

Разрез 8. Координаты: N 44°57'51.0", E 40°48'48.8". Центральная часть поля, слабовыпуклая поверхность, красная область по отзывчивости на удобрения: PU1, от 0 до 12 см; PU2, от 12 до 28 см; PU3, от 28 до 37 см; AUad, от 37 до 60 см; AUb, от 60 до 63 см; AUb, са, от 63 до 75 см; AUb, са, lc, от 75 до 85 см; АВса, lc, от 85 до 137 см; ВСАmc, lc, zoo, от 137 до 150 см; ВСАmc, i,

от 150 до 172 см; ВСса, тс, пс, і, от 172 до 198 см.

Почва:

- *классификация 1977 г.* – чернозем типичный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *классификация 2004, 2008 гг.* – агрочернозем миграционно-мицелярный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *WRB-2015* – *Нaplic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic)*.

Разрез 3. Координаты: N 44°57'48.5", E 40°48'40.6". Западная часть поля, слабонаклонная поверхность, синяя область по отзывчивости на удобрения: PU1, от 0 до 12 см; PU2, от 12 до 27 см; PU3, от 27 до 37 см; AUb, ad, са, от 37 до 47 см; AUb, са, Іс, от 47 до 67 см; АВса, Іс, от 67 до 150 см; ВСАтс, Іс, і, зоо, от 150 до 180 см; ВСса, тс, пс, і, от 180 до 200 см.

Почва:

- *классификация 1977 г.* – чернозем типичный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *классификация 2004, 2008 гг.* – агрочернозем миграционно-мицелярный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *WRB-2015* – *Нaplic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic)*.

Разрез 4b. Координаты: N 44°57'43.8", E 40°48'52.2". Южная часть поля, слабонаклонная почти ровная поверхность, синяя область по отзывчивости на удобрения: PU1, от 0 до 10 см; PU2, от 10 до 33 см; PU3, от 33 до 38 см; AUb, от 38 до 47 см; AUb, са, Іс, от 47 до 80 см; АВса, Іс, от 80 до 140 см; ВСАтс, Іс, і, зоо, от 140 до 175 см; ВСса, тс, пс, і, от 175 до 190 см.

Почва:

- *классификация 1977 г.* – чернозем типичный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *классификация 2004, 2008 гг.* – агрочернозем миграционно-мицелярный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *WRB-2015* – *Нaplic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic)*.

Разрез 5. Координаты: N 44°57'57.3", E 40°49'00.5". Центральная часть поля, слабонаклонная поверхность, желтая область по отзывчивости на удобрения: PU1, от 0 до 11 см; PU2, от 11 до 29 см; PU3, от 29 до 37 см; AUb, от 37 до 66 см; AUb, са, от 66) до 70 см; AUb, са, лс, от 70 до 80 см; АВса, лс, от 80 до 155 см; ВСАмс, лс, i, zoo, от 155 до 177 см; ВСса, мс, пс, i, от 177 до 210 см.

Почва:

- *классификация 1977 г.* – чернозем типичный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *классификация 2004, 2008 гг.* – агрочернозем миграционно-мицелярный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *WRB-2015* – *Naptic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic)*.

Разрез 2. Координаты: N 44°58'02.0", E 40°49'08.4". Восточная часть поля, слабовыпуклая поверхность, красная область по отзывчивости на удобрения: PU1, от 0 до 10 см; PU2, от 10 до 30 см; PU3, от 30 до 37 см; AU, от 37 до 50 см; AUb, са, от 50 до 60 см; AUb, са, лс, от 60 до 120 см; АВса, лс, от 120 до 160 см; ВСАмс, лс, i, zoo, от 160 до 178 см; ВСса, мс, пс, i, от 178 до 185 см.

Почва:

- *классификация 1977 г.* – чернозем типичный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *классификация 2004, 2008 гг.* – агрочернозем миграционно-мицелярный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках;

- *WRB-2015* – *Naptic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic)*.

По результатам обследования почвенных разрезов установлено, что на опытном поле преобладающий тип почв – агрочернозем миграционно-мицелярный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках. Мощность гумусового горизонта составляет 120 см.

4 Результаты агрохимического обследования почвы

Агрохимическое обследование почвы проведено с целью определения степени обеспеченности почвы основными элементами минерального питания, ее механического состава, водородного показателя и степени насыщения органическим веществом, т.е. тех элементов, которые определяют плодородие [5].

Агрохимическое обследование почвенного покрова проводилось на поле валидационного полигона Новокубанского филиала ФГБНУ «Росинформгротех» согласно «Методических указаний по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» [23]. Отбор смешанных образцов производился согласно ГОСТ 28168 [24]. Почвенные пробы отбирали автоматизированным пробоотборником Wintex 2000, смонтированным на квадроцикле CFMOTO, в комплекте со специальным GPS приемником и полевым компьютером с картографическим обеспечением (рисунок 4).



Рисунок 4 – Отбор почвенных проб при помощи автоматизированного пробоотборника Wintex 2000

Отбор почвенных проб приведен на примере поля 11/1 (рисунок 5), которое было разделено на шесть элементарных участков по результатам ретроспективного мониторинга.

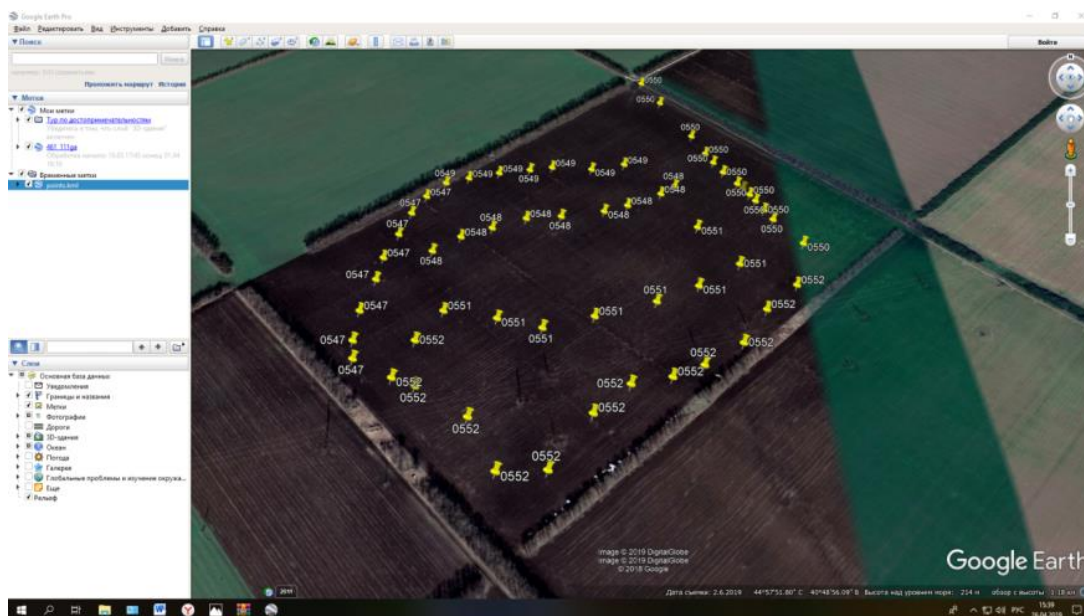


Рисунок 5 – Схема отбора проб на поле 11/1

Для каждого элементарного участка формировался средний образец от 10 до 15 точечных проб (уколов). Движение внутри элементарного участка по запланированному маршруту записывалось и сохранялось бортовым компьютером.

Проведение исследований отобранных образцов почв проводилось методами в соответствии с ГОСТ 26483 [25], ГОСТ 26951 [26], ГОСТ 26489 [27], ГОСТ 26205 [28], ГОСТ 26490 [29].

Отобранные и маркированные образцы почв анализировались в «Агро-биохимической лаборатории», г. Краснодар, по рекомендованным для зоны показателям. По результатам комплексного агрохимического обследования полей, были разработаны картограммы кислотности почв (рН солевой вытяжки), содержания нитратного и аммонийного азота (на момент отбора проб), подвижного фосфора, калия и серы [30].

Анализ показал, что на элементарных участках 0547 и 0548 преобладают почвы с нейтральными значениями кислотности. На участках 0550 и 0551, а также на участке 0552 преобладают значения, близкие к нейтральным – 5,87 и 6,73 соответственно. На элементарном участке 0549 зафиксирована почва со слабокислой реакцией (рисунок 6, таблица 1).

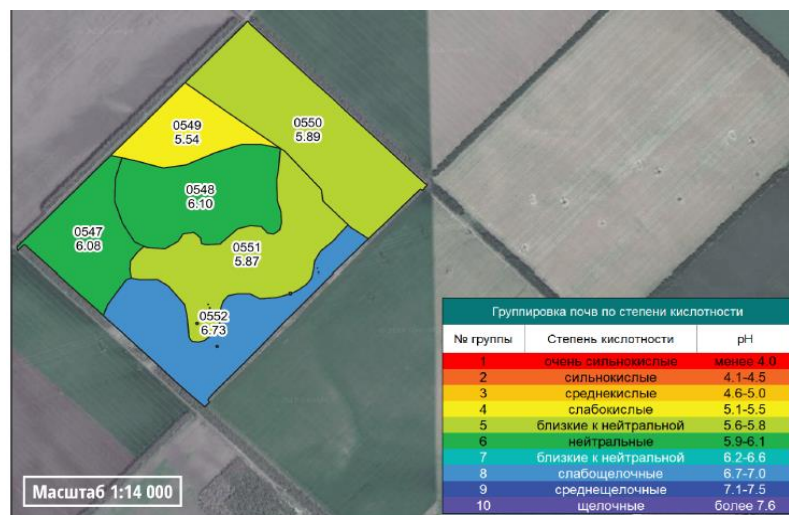


Рисунок 6 – Значения обменной кислотности (рН_{сол}) по элементарным участкам поля 11/1

Таблица 1 – Обменная кислотность по элементарным участкам

Номер элементарного участка	Кислотность (рН)
0547	6,08
0548	6,10
0549	5,54
0550	5,89
0551	5,87
0552	6,73
Среднее значение	6,04

Выявлено, что содержание в почве нитратного азота на всех участках находится в пределах от 4,4 до 5,5 мг/кг (рисунок 7, таблица 2), а содержание аммонийного азота варьирует от 3,20 до 6,26 мг/кг (рисунок 8, таблица 3).



Рисунок 7 – Значения нитратного азота по элементарным участкам поля 11/1

Таблица 2 – Нитратный азот по элементарным участкам

Номер элементарного участка	Содержание нитратного азота, мг/кг
0547	4,9
0548	4,8
0549	5,1
0550	4,4
0551	5,5
0552	4,8
Среднее значение	4,9



Рисунок 8 – Значения аммонийного азота по элементарным участкам поля 11/1

Таблица 3 – Аммонийный азот по элементарным участкам

Номер элементарного участка	Содержание аммонийного азота, мг/кг
0547	4,14
0548	5,11
0549	6,26
0550	3,20
0551	4,23
0552	3,89
Среднее значение	4,47

На элементарном участке 0552 зафиксировано низкое содержание фосфора – 15,18 мг/кг (рисунок 9, таблица 4). На остальных участках содержание в почве подвижных форм фосфора варьирует от 20,29 до 30,45 мг/кг, что позволяет отнести их к группе среднеобеспеченных.

Содержание подвижного калия в почвах всех обследованных участков, кроме участка 0550 повышенное от 367,0 до 388,3 мг/кг (рисунок 10, таблица 5). На участке 0550 отмечено высокое содержание K_2O – 476,9 мг/кг.

Все элементарные участки содержат низкое содержание серы, в среднем 1,09 мг/кг, варьирование по различным участкам практически отсутствует (рисунок 11, таблица 6).

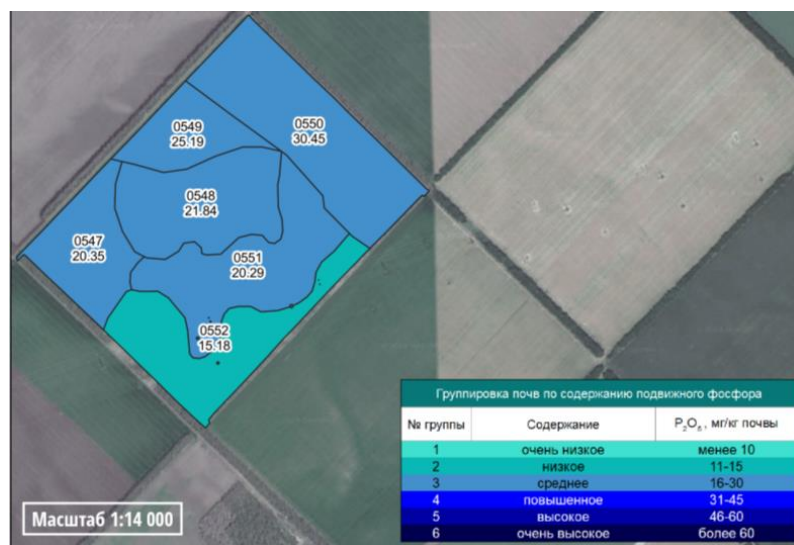


Рисунок 9 – Содержание подвижного фосфора (P_2O_5) по элементарным участкам

Таблица 4 – Содержание фосфора по элементарным участкам

Номер элементарного участка	Содержание подвижного фосфора, мг/кг
0547	20,35
0548	21,84
0549	25,19
0550	30,45
0551	20,29
0552	15,18
Среднее значение	22,22

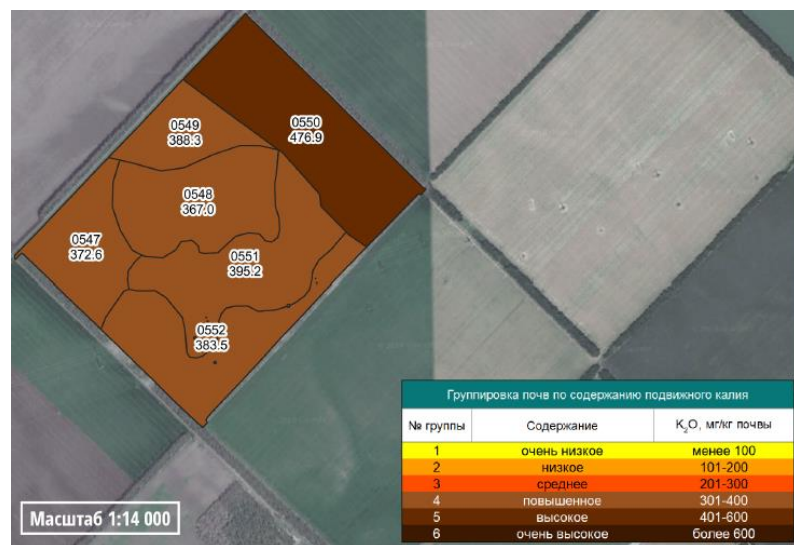


Рисунок 10 – Содержание подвижного калия (K_2O) по элементарным участкам

Таблица 5 – Содержание калия по элементарным участкам

Номер элементарного участка	Содержание подвижного калия, мг/кг
0547	372,6
0548	367,0
0549	388,3
0550	476,9
0551	395,2
0552	383,5
Среднее значение	397,3

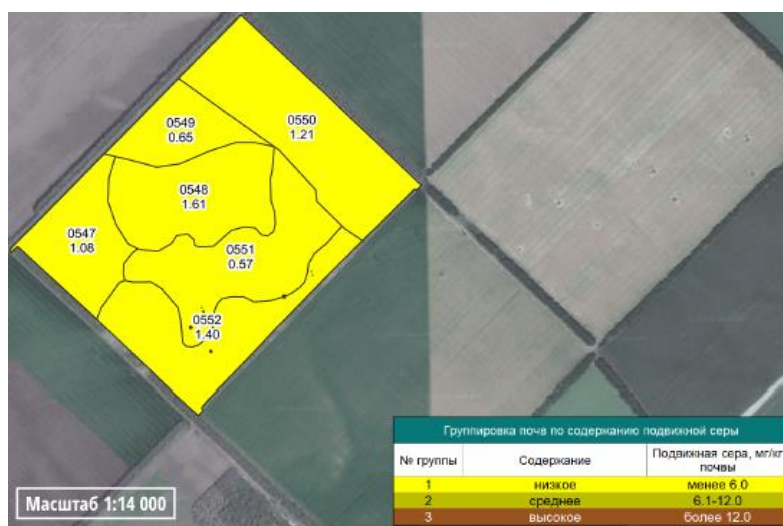


Рисунок 11 – Содержание подвижной серы по элементарным участкам

Таблица 6 – Содержание серы по элементарным участкам

Номер элементарного участка	Содержание подвижной серы, мг/кг
0547	1,08
0548	1,61
0549	0,65
0550	1,21
0551	0,57
0552	1,40
Среднее значение	1,09

Установлено, что пространственная изменчивость агрохимических показателей почвы в пределах элементарных участков, полученная по результатам исследований достаточно детально для создания картографической основы и использования её в технологиях координатного земледелия. Полученные результаты позволили скорректировать базу электронных данных для разработки карт-заданий на дифференцированное внесение удобрений.

5 Методика полевых опытов по дифференцированному внесению гранулированных минеральных удобрений

Полевые исследования по дифференцированному внесению гранулированных минеральных удобрений под посев и на подкормках озимой пшеницы проводились на опытных полях валидационного полигона КубНИИТиМ: на поле 6/3 – озимая пшеница сорт «Безостая 100 РС-1» (предшественник соя) и на поле 7/3 – озимая пшеница сорт «Таня РС-1» (предшественник кукуруза на зерно).

Полевые исследования по дифференцированному внесению гранулированных минеральных удобрений под посев кукурузы на зерно проводились на опытных полях валидационного полигона КубНИИТиМ: на поле 11/1 кукуруза на зерно – гибрид «ДКС-4541» (предшественник озимая пшеница) и на поле 12/1 кукуруза на зерно – гибрид «НК Термо» (предшественник озимая пшеница).

5.1 Озимая пшеница

Производственный опыт по дифференцированному внесению минеральных удобрений под посев озимой пшеницы и на весенних подкормках включал следующие технологические операции по возделыванию озимой пшеницы согласно технологической карте валидационного полигона:

- трехкратное дискование агрегатом К-744Р1+БДТМ 6×3 на глубину от 10 до 15 см;

- внесение основного удобрения (диаммофос) под посев озимой пшеницы на опытных полях проводили 26.09.2018 г. агрегатом Беларусь 1025.2+Vogballe M2, оборудованным навигационным комплексом «Агронавигатор-Асур-Дозатор», ООО «Системы точного земледелия», г. Новосибирск (рисунок 12, таблица 7) согласно карт заданий на поле 7/3 с дифференцированными дозами от 0 до 300 кг/га по зонам полевой неоднородности (рисунок А.1 приложение А), а на поле 6/3 с хозяйственной дозой – 200 кг/га;



Рисунок 12 – Разбрасыватель Vogballe M2, оборудованный системой «Агронавигатор-Асур-Дозатор» в агрегате с трактором Беларус 1025.2

Таблица 7 – Краткая техническая характеристика навигационного комплекса «Агронавигатор-Асур-Дозатор»

Наименование оборудования	Функциональные возможности
1 Навигационный комплекс «Агронавигатор» U= +12 В, I max = 1,5 А	Параллельное вождение с точностью: - от 30 до 40 см в автономном режиме по сигналам встроенного ГЛОНАСС/ GPS приемника; - от 20 до 30 см с приемом DGPS поправок по сигналам встроенного ГЛОНАСС/GPS приемника; - от 15 до 20 см на гоне по сигналам внешнего ГЛОНАСС/GPS приемника с фазовым фильтром Novatel GLIDE и ручной коррекцией координат после разворота на обратный гон; - от 5 до 10 см с приемом RTK поправок от внешнего ГЛОНАСС/ GPS приемника
2 Электрический привод управления (актуатор с ходом штока 10 см и усилием до 30 кг)	Автоматическое регулирование расхода удобрений по скорости движения и по местоположению на поле для выдерживания установленной дозы

- предпосевную подготовку почвы агрегатом John Deere 8420+ Catros 6001 при влажности почвы в слое от 0 до 10 см по предшественникам соя – 20,5 %, кукуруза на зерно – 20,1 %.

Семенной материал для посева выбирали из сортов краснодарской селекции (КНИИСХ), рекомендованных для возделывания в Центральной зоне Краснодарского края. Характеристика посевного материала: на поле 7/3 сорт Таня РС-1: чистота семян – 98,7 %, всхожесть семян – 98 %, масса 1000 семян – 45,2 г, посевная годность – 98,1 %; на поле 6/3 сорт Безостая 100 РС: чистота семян – 98,5 %, всхожесть семян – 98 %, масса 1000 семян – 43,5 г, посевная годность – 98,3 %.

Перед посевом семена обработали фунгицидным протравителем «Бенефис» (800 г/т) совместно с торфяным удобрением «Гумат Калия» (0,5 л/т).

Посев на обоих полях проводили с 5 по 8 октября 2018 г. посевным агрегатом МТЗ-82+СЗ-5,4 с нормой высева семян 5,0 млн. шт./га (250 кг/га) и одновременным внесением аммофоса 50 кг/га. После прохода сеялки было проведено прикатывание посевов агрегатом МТЗ-82+ККЗ-6.

После полных всходов озимой пшеницы перед уходом в зиму (25-30.11.2018 г.) проведена борьба с мышевидными грызунами, препаратом «Изоцин». Обработка проводилась путем раскладывания приманок в норки.

Первая дифференцированная подкормка озимой пшеницы аммиачной селитрой на полях 7/3 и 6/3 проведена с 6 по 8.03.2019 г. агрегатом Беларусь 1025.2+Vogballe M2+Агронавигатор-Асур-Дозатор, вторая подкормка аммиачной селитрой – с 1 по 3.04.2019 г. согласно карт-заданий на дифференцированное внесение удобрений (приложение А, рисунки А.2-А.3, приложение Б, рисунки Б.1-Б.2).

Химическая обработка посевов от сорной растительности, корневой гнили озимой пшеницы и листовая подкормка проводилась с 6 по 08.04.2019 г., препаратами «Ланцелот» – 33 г/га, «Зим 500» – 600 г/га и «Гумат Калия» – 0,5 л/га.

Химическая обработка посевов против болезней и вредителей с листовой подкормкой опрыскивателем ОПГ-3000/24 серии «Гварта-5» в агрегате с трактором МТЗ-82 проведена в период с 15.05 по 30.05.2019 г. препаратами «Триада» – 600 г/га, «Кинфос» – 200 г/га, «Гумат Калия» – 0,5 л/га, «Карба-

мид» (мочевина, концентрированное удобрение с амидной формой азота) – 20 кг/га.

5.2 Кукуруза на зерно

Производственный опыт по дифференцированному внесению минеральных удобрений под посев кукурузы на зерно включал следующие технологические операции по возделыванию кукурузы на зерно согласно технологической карте валидационного полигона:

- предпосевное внесение почвенного гербицида «Пропонит» агрегатом МТЗ-82+ОПГ-3000/24 серии «Гварта-5» в дозе 2,5 л/га;

- предпосевная культивация агрегатом К-744Р1+КШМ-14,5 на глубину до 7 см;

- посев кукурузы на зерно проводился после предшественника – озимая пшеница агрегатом Беларусь 1025.2+Kuhn Planter 3 (рисунок 13), оборудованным системой автоматического вождения Trimble EZ-Pilot+Trimble TМХ-2050 (рисунок 14).



Рисунок 13 – Посевной агрегат Беларусь 1025.2+Kuhn Planter 3, оборудованный системой автоматического вождения Trimble EZ-Pilot+Trimble TМХ-2050



Рисунок 14 – Общий вид системы автоматического вождения Trimble EZ-Pilot+Trimble TMX-2050 в кабине трактора Беларус 1025.2

Система вспомогательного вождения Trimble EZ-Pilot предназначена для автоматического вождения самоходной сельскохозяйственной техники (тракторов, комбайнов, опрыскивателей) по сигналам, поступающим от управляющего контроллера. Точность вождения от 5 до 30 см, в зависимости от типа используемой в GPS-приёмнике дифференциальной поправки. Данная система с технологией компенсации неровностей, может обеспечить повышение продуктивности работы при низких затратах на переоборудование. Автопилот EZ-Pilot, получая команды от дисплея Trimble, управляет техникой с помощью компактного электропривода, интегрированного в рулевую колонку, что позволяет удерживать машину на линии гона, повышая эффективность работы механизатора. Система EZ-Pilot может применяться как для сельскохозяйственных работ с низкими требованиями к точности, так и для пропашных культур. Комплект оборудования Trimble EZ-Pilot включает в себя: компактный электропривод, интегрируемый в рулевую колонку; навигационный контроллер IMD-600 с технологией компенсации неровностей; комплект креплений и проводов (рисунок 15).



Рисунок 15 – Комплект оборудования Trimble EZ-Pilot

Полевая навигационная система Trimble TMX-2050 предназначена для вождения и точного земледелия на базе GPS/GLONASS/OmniSTAR VBS/XP/HP/RTK. Система представляет собой программно-аппаратный комплекс и предназначена для повышения эффективности выполнения следующего спектра сельскохозяйственных работ: внесение удобрений, опрыскивание, подготовка почвы, картирование урожая при уборке, сплошной посев, полосная обработка почвы, рядовой и узкорядный посев, нарезка гребней, междурядная обработка почвы, выравнивание полей.

Функциональные характеристики навигационной системы Trimble TMX-2050 представлены в таблице 8.

В базовом варианте система включает в себя полноценный планшетный компьютер на платформе Android в прочном алюминиевом корпусе, с мультисенсорным экраном диагональю 31 см, двумя видеовходами, двумя портами USB, AUX, HDMI и фронтальной камерой; модуль TM-200; двухчастотную (L1/L2) двухсистемную GNSS (GPS/GLONASS) антенну AG-25; кронштейн крепления и комплект проводов (рисунок 16).

Таблица 8 – Функциональные характеристики навигационной системы Trimble TMX-2050

Функция технологии точного земледелия	Описание функции	Trimble TMX-2050
Автопилот	Автоматическое вождение самоходной техники с использованием гидравлики трактора под управлением навигационного контроллера Trimble	+
Электропилот	Автоматическое вождение самоходной техники с использованием электромотора, устанавливаемого на рулевую колонку, под управлением навигационного контроллера Trimble	+
EZ-Pilot – подруливающее устройство	Автоматическое вождение самоходной техники с использованием электромотора, устанавливаемого на рулевую колонку	+
Возможность изменять (усовершенствовать) конфигурацию системы	Модульная конструкция позволяет при необходимости расширять функционал системы путем добавления в систему других модулей, не изменяя при этом сам дисплей	+
Возможность использовать приложения на базе ОС Android	Создавать собственные приложения или использовать магазины приложений (например, TrimbleStore, которое бесплатно позволяет скачать приложение для расчета норм внесения удобрений, инструкцию по настройке техники Amazone; приложение «Horsch», позволяющее получать коды ошибок сеялки с расшифровкой прямо на рабочем экране дисплея и т.д.)	+
Возможность получения удаленного доступа к дисплею посредством программы TeamViewer	Позволяет получить удаленный доступ из офиса или любого другого места с наличием интернета (смартфон) для техподдержки или контроля	+
Наличие встроенной видеокамеры	Использование видеокамеры, например: для общения с оператором и контроля его работы (Skype и др.)	+
Наличие второго GPS-приемника	Наличие второго GPS-приемника позволяет реализовывать такие функции, как TrueTracker (активное управление траекторией движения орудия), «Геоплуг» (обеспечивает прямолинейность пахоты) и др.	+
Автоматический разворот с привязкой к координатам	Использование программируемого на тракторе алгоритма разворота и выполнение автоматически в соответствии с заданными параметрами	+

Окончание таблицы 8

Функция технологии точного земледелия	Описание функции	Trimble TMX-2050
Управление траекторией агрегата при автоматическом развороте (OnSwath)	Функция позволяет задавать (выбрать из предлагаемого списка) траекторию орудия во время разворота	+
Управление орудиями по протоколу ISOBUS	Позволяет управлять агрегатом без его монитора, используя встроенную функцию ISOBUS	+
Возможность двух одновременных экранов при работе с орудием по протоколу ISOBUS	Интерфейс управления орудием не закрывает экран дисплея (возможно расположение в любом месте экрана для удобства оператора)	+
Возможность ввода двух и более карт заданий одновременно	Позволяет одновременно контролировать внесение двух материалов (например, управлять нормой высева и внесением удобрений на сеялках точного высева с бункером для удобрений; внесение двух материалов опрыскивателем и т.д.)	+
Управление работой агрегатов	Возможность управления орудиями и агрегатами, не имеющими шины ISOBUS (опции FieldIQ, «Геоплуг» и др.) всех популярных производителей: Amazone, Bogballe, Gustrower, Grimme, HARDI/EVRARD, Kuhn, Rauch, KVERNELAND, Sulki, TECNOMA, Vaderstad, KRM Bredal, Lemken, Raven, Rabe, RDS, Simba, HORSCH и др.)	+
Возможность оперативной перестановки оборудования на другие трактора, либо комбайны	Применяется при необходимости сменить машину (при поломке или использовании на других операциях: дифференцированное внесение удобрений, учет урожайности и т.д.)	+
Возможность загрузки спутниковых карт	При наличии подключенного к дисплею интернета автоматически загружается спутниковая карта Google	+
Функция мониторинга урожайности	Наличие встроенной функции позволяет создавать карты урожайности полей, в том числе и с ландшафтом (3D)	+



а, б – дисплей; в – модуль ТМ-200 с комплектом проводов и кронштейнами; г – антенна

Рисунок 16 – Полевая навигационная система Trimble TMX-2050

Данная система позволяет вести автоматический учет обработанной площади и рабочего времени, проводить картирование полей и замер площади, обеспечивать точность работ до 2 см (в зависимости от выбранного сервиса дифференциальной коррекции, таблица 9), импортировать и экспортировать данные через USB для обработки и анализа, составления отчетов, имеет 7 встроенных шаблонов движения (рисунок 17), которые обеспечивают достаточную маневренность в управлении агрегатом, что позволяет работать на полях с различной конфигурацией.

Таблица 9 – Точность позиционирования полевой навигационной системы при использовании различных сервисов коррекции

Сервис коррекции	Om-niSTAR VBS	Om-niSTAR XP	Om-niSTAR HP	Om-niSTAR G2	Range-Point RTX	Center-Point RTX	Center-Point VRS	Center-Point RTK
Точность, см	12-20	8-10	5-10	8-10	<15	3,8	<2,5	<2,5



Рисунок 17 – Встроенные шаблоны движения

При установке дополнительного оборудования и разблокировке расширений программного обеспечения, система предоставляет следующие возможности:

- поддержку следующих систем автоматического вождения: подруливающее устройство Ez-Steer, система вспомогательного вождения Ez-Pilot, гидравлический автопилот и электрический автопилот AP EMD;
- управление посевом, внесением твердых и жидких удобрений, обработкой сорняков (система Field-IQ™);
- мониторинг урожайности (система YM);
- точное вождение по рядам для комбайна (технология RG-100);
- функцию авторызворота в конце ряда (система NextSwath);
- активное и пассивное управление орудием (системы TrueTracker и TrueGuide);
- сбор, обмен, хранение и управление информацией (система Connected Farm);
- синхронизацию работы транспортных средств (система Vehicle Sync).

На поле 11/1 посев провели 10.04.2019 г. гибридом «ДКС-4541», а на поле 12/1 12.04.2019 г. гибридом «НК Термо», включенных в Госреестр, при прогревании почвы до 12 °С с нормой высева 5 шт./пог. м. Схема посева –

однострочная, с междурядьем – 70 см.

Исходная влажность почвы на момент посева в слоях от 0 до 15 см находилась в диапазоне от 17,8 % до 27,6 % и отвечала агротехническим требованиям (до 30 %), при твердости почвы от 0,2 до 1,1 МПа, что также соответствовало агротехническим требованиям (до 4 МПа). Такая характеристика условий была типичной для данного периода года и вида работы, что способствовало быстрому и дружному появлению всходов.

Поверхностное внесение минеральных удобрений (аммиачная селитра) под кукурузу было проведено 13-14 апреля агрегатом Беларус 1025.2+Vogballe M2+Агронавигатор-Асур-Дозатор с дозой внесения согласно карт-заданий приведенных в приложении В на рисунках В.1, В.2.

Довсходовое боронование кукурузы на зерно и закрытие удобрений провели бороной БП-12 в агрегате с трактором МТЗ-82 в день внесения минеральных удобрений.

Химическая прополка посевов кукурузы была проведена 22-23 мая препаратом «Майстер» с дозой внесения 150 г/га агрегатом МТЗ-82+ОПГ-3000/24 серии «Гварта-5».

Первая междурядная культивация посевов кукурузы на зерно проводилась на поле 11/1 – 21 мая и на поле 12/1 – 25 мая культиватором КРН-5,6 в агрегате с трактором МТЗ-82, средняя глубина обработки составила 9,1 см.

Вторая междурядная культивация посевов кукурузы с долотованием на глубину – 13,5 см проводилась с 1 по 5 июня, а третья 15-20 июня на глубину – 14,1 см. Агрегат обеспечил полное подрезание сорных растений, при этом повреждения культурных растений не наблюдалось.

Наряду с междурядными обработками почвы на полях 11/1 и 12/1 проводились внекорневые подкормки посевов кукурузы 28 мая и 4 июня следующими препаратами: сульфат цинка (1 кг/га) + гумат калия (0,5 л/га). Подкормка карбамидом была проведена 12 июня в дозе 18 кг/га. Данные технологические операции проводили агрегатом МТЗ-82+ОПГ-3000/24 с расходом рабочей жидкости – 200 л/га.

6 Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений

Фенологические наблюдения – это наблюдения за сезонными явлениями и процессами в жизни растений и предсказание сроков их наступления. При проведении фенологических наблюдений регистрируют даты и сроки наступления фаз развития растений, дают информацию о динамике развития растений в течение годового цикла в сопоставлении с гидрометеорологическими условиями.

6.1 Озимая пшеница

Первый контроль за всходами озимой пшеницы был осуществлен 5 ноября 2018 г. По всем вариантам опытов были получены хорошие дружные всходы озимой пшеницы. Средняя всхожесть растений по полю 6/3 составила 258,9 шт./м², на поле 7/3 – 261,3 шт./м².

На опытных полях были заложены контрольные площадки в каждой точке почвенного плодородия, площадью 1 м² (рисунок 18), на которых и осуществлялись фенологические наблюдения за ростом и развитием растений по вариантам опытов вплоть до уборки урожая. На поле 6/3 заложено – 15 площадок, а на поле 7/3 – 32 площадки (рисунки Г.1, Г.2, приложения Г).



Рисунок 18 – Закладка контрольных площадок для проведения фенологических наблюдений

В осенний период в фазе трех листьев растения озимой пшеницы предъявляют повышенные требования к обеспеченности почвы влагой и питательными веществами в доступной для растений форме. В этот период при благоприятных условиях идет накопление питательных веществ, необходимых для своевременного кущения и развития корневой системы. В итоге, в зиму растения озимой пшеницы во всех вариантах опытов ушли с развитой корневой системой и хорошо раскустившиеся.

Весной 4 марта 2019 г., перед первой и второй подкормками произвели осмотр опытных полей озимой пшеницы 6/3 и 7/3 и определили следующие основные параметры растений: высоту растений, длину корневой системы, коэффициент кущения по всем вариантам опытов.

Общий вид растений озимой пшеницы сорта «Безостая 100» РС-1 на поле 6/3 в фазе кущения представлен на рисунке 19.



Рисунок 19 – Общий вид растений озимой пшеницы сорта «Безостая 100» РС-1 по предшественнику соя

Параметры растений озимой пшеницы замеряли в каждой опытной точке, затем в зависимости от зоны плодородия и общей дозы внесения удобрений рассчитывали средние значения по каждому показателю (таблица 10).

Общая доза удобрений включает в себя: дозу удобрений при основном внесении, при посеве, и на двух поверхностных подкормках озимой пшеницы.

Таблица 10 – Усредненные параметры растений озимой пшеницы по зонам плодородия на поле 6/3

Номер точки (площадки)	Зона плодородия	Общая доза удобрений, кг/га	Длина корневой системы, см	Средняя высота растения, см	Коэффициент кущения
1, 2, 6	низкая	500	11,1	22,7	4,4
4, 7		600	11,6	23,5	3,6
3, 5		700	10,8	23,1	4,1
12	высокая	500	8,8	26,3	6,1
11		600	9,9	27,6	3,6
8, 9, 10, 13, 14, 15		700	10,4	23,2	4,0

Из таблицы видно, что у растений озимой пшеницы в зоне с низким уровнем плодородия корневая система развивается лучше при общей дозе внесения удобрений – 600 кг/га. С увеличением дозы удобрений до 700 кг/га происходит замедление роста корневой системы на 0,8 см. Средняя высота растений при общей дозе внесения – 500 кг/га составляет – 22,7 см, а при увеличении дозы внесения наблюдается рост растений до 23,5 см. Коэффициент кущения в зависимости от общей дозы внесения удобрений варьируется от 3,6 до 4,4.

В зоне с высоким уровнем плодородия наибольшая длина корневой системы – 10,4 см получена в варианте с дозой внесения – 700 кг/га, в остальных вариантах с низкими дозами она находится на уровне от 8,8 до 9,9 см. Высота растений при дозе внесения – 500 кг/га составляет – 26,3 см, с увеличением общей дозы на 100 кг/га наблюдается рост растений до 27,6 см. При дальнейшем увеличении дозы до 700 кг/га отмечено, что растения замедляют рост, средняя высота растений составляет – 23,2 см.

Сравнительный анализ параметров растений озимой пшеницы по зонам плодородия показал, что, не смотря на слабо развитую корневую систему в зонах с высоким уровнем плодородия, высота растений на участках с дозами внесения удобрений 500 и 600 кг/га на существенно выше и достигает 26,3 и 27,6 см соответственно.

Интенсивность кущения зависит от различных природных факторов: плодородия почвы, обеспеченности влагой, температурного режима, интенсивности освещения и т.д., которые не поддаются регулированию человеком, но оказывают значительное влияние на кущение. Установлено, что самый высокий коэффициент кущения – 6,1 наблюдается в зонах с высоким уровнем плодородия на контрольных площадках с дозой внесения удобрений – 500 кг/га.

Общий вид растений озимой пшеницы сорта «Таня» РС-1 на поле 7/3 в фазе кущения представлен на рисунке 20.



Рисунок 20 – Общий вид растений озимой пшеницы сорта «Таня» РС-1 по предшественнику кукуруза на зерно

Параметры растений озимой пшеницы представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Параметры растений озимой пшеницы по вариантам опыта в различных зонах плодородия на поле 7/3

Номер точки (площадки)	Зона плодородия	Общая доза удобрений, кг/га	Длина корневой системы, см	Средняя высота растения, см	Коэффициент кущения
7	низкая	200	7,5	17,9	5,9
5		400	9,8	18,9	5,1
3		600	8,8	21,9	4,9
1		800	9,0	18,6	4,8
23	высокая	200	9,2	18,7	5,3
21		400	8,0	24,6	5,7
19		600	9,1	24,8	5,4
17		800	9,2	19,1	6,8

Из таблицы видно, что у растений озимой пшеницы в зоне с низким уровнем плодородия корневая система развивается лучше при общей дозе внесения удобрений – 400 кг/га. С увеличением дозы удобрений до 800 кг/га происходит замедление роста корневой системы на 0,8 см. Высота растений при общей дозе внесения – 600 кг/га составляет – 21,9 см, а при увеличении дозы внесения наблюдается замедление роста растений до 18,6 см. Коэффициент кущения варьируется от 5,9 до 4,8, т.е. идет его уменьшение при увеличении дозы удобрений.

В зоне с высоким уровнем плодородия наибольшая длина корневой системы – 9,2 см получена в вариантах с дозой внесения – 200 и 800 кг/га, а в остальных вариантах она находится на уровне от 8,0 до 9,1 см. Высота растений при дозе внесения – 200 кг/га составляет – 18,7 см, а при увеличении общей дозы от 200 до 400 кг/га наблюдается рост растений с 24,6 до 24,8 см. При дальнейшем увеличении дозы до 800 кг/га отмечено, что растения замедляют рост, средняя высота растений составляет – 19,1 см.

Сравнительный анализ параметров растений озимой пшеницы по зонам плодородия показал, что, не смотря на слабо развитую корневую систему в зонах с высоким и низким уровнем плодородия, высота растений на участках с дозами внесения удобрений – 600 кг/га значительно выше и достигает 21,9 и 24,8 см соответственно.

Установлено, что самый высокий коэффициент кущения – 6,8 наблюдается в зонах с высоким уровнем плодородия на контрольных площадках с дозой внесения удобрений – 800 кг/га.

Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений озимой пшеницы в фазу колошения провели 31.05.2019 г.

Общий вид растений озимой пшеницы сорта «Безостая 100» РС-1 на поле 6/3 в фазе колошения представлен на рисунке 21.

Параметры растений озимой пшеницы в фазе колошения представлены в таблице 12.



Рисунок 21 – Общий вид растений озимой пшеницы сорта «Безостая 100» РС-1 по предшественнику соя

Таблица 12 – Параметры растений озимой пшеницы по вариантам опыта в различных зонах плодородия на поле б/з

Номер точки (площадки)	Зоны плодородия	Общая доза удобрений, кг/га	Средняя высота растения, см	Длина колоса, см	Число растений, шт./м ²
1, 2, 6	низкая	500	104,0	9,7	486
4, 7		600	100,5	9,0	448
3, 5		700	103,0	9,5	463
12	высокая	500	111,0	10,0	432
11		600	108,0	10,0	418
8, 9, 10, 13, 14, 15		700	105,5	9,7	495

Из таблицы видно, что у растений озимой пшеницы в зоне с низким уровнем плодородия высота растений лучше при общей дозе внесения удобрений – 500 кг/га. С увеличением дозы удобрений до 600 кг/га происходит замедление роста высоты растений на 3,5 см, а при дальнейшем увеличении дозы внесения на 100 кг/га наблюдается рост растений до 103 см. Длина колоса растений при общей дозе внесения – 500 кг/га составляет – 9,7 см, при увеличении дозы внесения на 100 кг/га наблюдается уменьшение длины колоса на 0,7 см, а при дальнейшем увеличении дозы внесения на 100 кг/га наблюдается рост колоса растений до 9,5 см. Число растений, шт./м² с низким уровнем плодородия лучше, при общей дозе внесения удобрений –

500 кг/га и составляет 486 шт./м², а с увеличением дозы удобрений до 600 кг/га происходит уменьшение числа растений на 38 шт./м². При увеличении дозы внесения до 700 кг/га наблюдается увеличение числа растений до 463 шт./м².

В зоне с высоким уровнем плодородия наибольшая высота растений – 111 см получена в варианте с дозой внесения – 500 кг/га, в остальных вариантах с высокими дозами она уменьшается и находится на уровне от 108 до 105,5 см. Длина колоса растений при дозе внесения – 500 и 600 кг/га составляет – 10 см, с увеличением общей дозы до 700 кг/га наблюдается уменьшение длины колоса растений до 9,7 см.

Число растений шт./м² с высоким уровнем плодородия при общей дозе внесения удобрений – 500 кг/га составляет 432 шт./м². С увеличением дозы удобрений до 600 кг/га происходит уменьшение числа растений на 14 шт./м², а при увеличении дозы внесения до 700 кг/га наблюдается увеличение числа растений до 495 шт./м².

Сравнительный анализ параметров растений озимой пшеницы по зонам плодородия показал, что высота растений на участках с дозами внесения удобрений – 500 кг/га на порядок выше и достигает 104 и 111 см соответственно, длина колоса растений с дозами внесения удобрений – 500 кг/га больше и составляет от 9,7 до 10 см.

Установлено, что самое большое число растений 495 шт./м² наблюдается в зонах с высоким уровнем плодородия на контрольных площадках с дозой внесения удобрений – 700 кг/га, а в низкой зоне на контрольных площадках с дозой внесения удобрений – 500 кг/га и составляет – 486 шт./м² растений.

Общий вид растений озимой пшеницы сорта «Таня» РС-1 на поле 7/3 в фазе колошения представлен на рисунке 22.



Рисунок 22 – Общий вид растений озимой пшеницы сорта «Таня» РС-1 по предшественнику кукуруза на зерно

Параметры растений озимой пшеницы представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Параметры растений озимой пшеницы по вариантам опыта в различных зонах плодородия на поле 7/3

Номер точки (площадки)	Зоны плодородия	Общая доза удобрений, кг/га	Средняя высота растений, см	Длина колоса, см	Число растений, шт./м ²
7	низкая	200	90	9	422
5		400	93	10	488
3		600	92	10	446
1		800	94	10	422
23	высокая	200	90	9	486
21		400	88	10	498
19		600	98	11	438
17		800	96	10	426

Из таблицы видно, что у растений озимой пшеницы в зоне с низким уровнем плодородия высота растений лучше при общей дозе внесения удобрений – 800 кг/га и составляет – 94 см. С уменьшением дозы удобрений происходит замедление роста высоты растений до 90 см. Длина колоса растений при общей дозе внесения – 200 кг/га составляет – 9 см, а с увеличением дозы внесения на 200 кг/га наблюдается увеличение длины колоса растений на 1 см. При увеличении дозы внесения еще на 200 кг/га показатель роста колоса растений не меняется. Число растений, шт./м² с низким уровнем плодородия лучше при общей дозе внесения удобрений – 400 кг/га и составляет –

488 шт./м,² с увеличением дозы удобрений до 600 и до 800 кг/га происходит уменьшение числа растений на 42 и на 66 шт./м² соответственно.

В зоне с высоким уровнем плодородия наибольшая высота растений – 98 см получена в варианте с дозой внесения – 600 кг/га, в остальных вариантах она уменьшается и находится на уровне от 88 до 96 см. Длина колоса растений при дозе внесения 600 кг/га составляет – 11 см, с увеличением общей дозы до 800 кг/га наблюдается уменьшение длины колоса растений на 1 см, а при общей дозе внесения удобрений – 200 кг/га длина колоса составляет 9 см. Число растений, с высоким уровнем плодородия при общей дозе внесения удобрений – 200 кг/га составляет 486 шт./м,² с увеличением дозы удобрений до 400 кг/га происходит увеличение числа растений на 12 шт./м². Увеличение дозы внесения до 600 и 800 кг/га приводит к уменьшению числа растений на 60 и 72 шт./м² соответственно.

Сравнительный анализ параметров растений озимой пшеницы по зонам плодородия показал, что наибольшая высота растений – 98 см, получена в высокой зоне плодородия при дозе внесения – 600 кг/га и в низкой зоне плодородия – 94 см при дозе внесения – 800 кг/га, при этом длина колоса составляет 11 и 10 см соответственно.

Установлено, что самое большое число растений 488 и 498 шт./м² наблюдается в зонах с низким и высоким уровнем плодородия на контрольных площадках с дозой внесения удобрений – 400 кг/га.

6.2 Кукуруза на зерно

Первый контроль за всходами кукурузы на зерно был проведен 15 мая 2019 г. на опытных полях 11/1 и 12/1. По всем вариантам опытов были получены дружные всходы растений кукурузы. Средняя всхожесть растений по полю 11/1 составила – 4,7 шт./пог. м, на поле 12/1 – 4,6 шт./пог. м. На опытных полях были заложены контрольные площадки в каждой точке почвенной неоднородности (рисунки Г.3, Г.4, приложения Г), на которых и осуществля-

лись фенологические наблюдения за ростом и развитием кукурузы на зерно по вариантам опытов вплоть до уборки урожая.

Общий вид растений кукурузы на зерно (гибрид ДКС-4541) на поле 11/1 в фазе полных всходов (15 мая) представлен на рисунке 23.

Параметры растений кукурузы на зерно в фазе полных всходов представлены в таблице 14.



Рисунок 23 – Общий вид растений кукурузы на зерно (гибрид ДКС-4541) по предшественнику озимая пшеница

Таблица 14 – Параметры растений кукурузы на зерно по вариантам опыта в различных зонах плодородия на поле 11/1

Номер точки (площадки)	Зона плодородия	Средняя высота растений, см	Число растений, шт./пог. м	Общая доза внесения удобрений, кг/га
1	низкая	14,9	5,0	50
2		11,9	4,3	100
3		14,0	4,3	150
4		14,8	4,3	200
5		16,1	5,1	250
6	высокая	18,7	5,1	50
7		15,9	4,9	100
8		15,9	4,7	150
9		15,9	5,0	200
10		17,1	4,3	250

Из таблицы видно, что растения кукурузы на зерно в зоне с низким уровнем плодородия развиваются лучше при общей дозе внесения удобрений – 250 кг/га, а с уменьшением дозы удобрений до 100 кг/га происходит замед-

ление роста высоты кукурузы на 4,2 см. Высота растений при общей дозе внесения – 250 кг/га составляет – 16,1 см, а при дозе внесения 100 кг/га – 11,9 см. В зоне с низким уровнем плодородия наибольшая густота растений кукурузы получена при внесении минеральных удобрений в варианте с дозой внесения – 250 кг/га и составляет 5,1 шт./пог. м. В зоне с высоким уровнем плодородия при общей дозе внесения удобрений – 50 кг/га высота растений кукурузы наибольшая – 18,7 см и показатель густоты растений получен наиболее высокий – 5,1 шт./пог. м., при увеличении доз удобрений высота и густота растений не увеличиваются.

Сравнительный анализ параметров растений кукурузы на зерно по зонам плодородия показал, что высота растений в зоне с высоким уровнем плодородия на участках с дозами внесения удобрений 50 кг/га достигает 18,7 см, что на 2,6 см выше, чем в зоне с низким уровнем плодородия при дозе внесения – 250 кг/га.

Общий вид растений кукурузы на зерно (гибрид НК Термо) на поле 12/1 в фазе полных всходов (15 мая) представлен на рисунке 24.

Параметры растений кукурузы на зерно в фазе полных всходов представлены в таблице 15.



Рисунок 24 – Общий вид растений кукурузы на зерно (гибрид НК Термо) по предшественнику озимая пшеница

Таблица 15 – Параметры растений кукурузы на зерно по вариантам опыта в различных зонах плодородия на поле 12/1

Номер точки (площадки)	Зона плодородия	Средняя высота растения, см	Число растений, шт./пог.м.	Общая доза внесения удобрений, кг/га
6, 11	низкая	9,9	4,8	50
7, 12		10,5	4,7	100
8, 13		11,1	4,3	150
9, 14		10,7	4,5	200
10, 15		9,8	4,7	250
1, 16	высокая	11,7	4,9	50
2, 17		14,1	4,5	100
3, 18		12,5	4,7	150
4, 19		13,5	4,4	200
5, 20		15,0	4,7	250

Из таблицы видно, что растения кукурузы на зерно в зоне с низким уровнем плодородия развиваются лучше при общей дозе внесения удобрений – 150 кг/га, с уменьшением или увеличением дозы удобрений на 100 кг/га происходит замедление роста высоты растений кукурузы на 1,2-1,3 см. Высота растений при общей дозе внесения – 150 кг/га составляет – 11,1 см. В зоне с низким уровнем плодородия наибольшая густота растений кукурузы получена при внесении минеральных удобрений в варианте с дозой внесения – 50 кг/га и составляет 4,8 шт./пог.м. Растения кукурузы на зерно в зоне с высоким уровнем плодородия развиваются лучше при общей дозе внесения удобрений – 250 кг/га, с уменьшением дозы удобрений происходит замедление роста высоты кукурузы на 3,3 см. Высота растений при общей дозе внесения – 250 кг/га составляет – 15,0 см. В зоне с высоким уровнем плодородия наибольшая густота растений кукурузы получена при внесении минеральных удобрений в варианте с дозой внесения – 50 кг/га и составляет 4,9 шт./пог.м.

Сравнительный анализ параметров растений кукурузы на зерно по зонам плодородия показал, что высота растений в зоне с высоким уровнем плодородия на участках с дозами внесения удобрений 250 кг/га достигает 15,0 см, что на 3,9 см выше, чем в зоне с низким уровнем плодородия при дозе внесения – 150 кг/га.

Общий вид растений кукурузы на зерно (гибрид ДКС-4541) на поле 11/1 в фазе трубкование (30 мая) представлен на рисунке 25.

Параметры растений кукурузы на зерно в фазе трубкование представлены в таблице 16.



Рисунок 25 – Общий вид растений кукурузы на зерно в фазе трубкование (гибрид ДКС-4541) по предшественнику озимая пшеница

Таблица 16 – Параметры растений кукурузы на зерно в фазе трубкование по вариантам опыта в различных зонах плодородия на поле 11/1

Номер точки (площадки)	Зона плодородия	Средняя высота растения, см	Общая доза внесения удобрений, кг/га
1	низкая	58	50
2		57	100
3		59	150
4		57	200
5		61	250
6	высокая	64	50
7		61	100
8		60	150
9		59	200
10		59	250

Из таблицы видно, что растения кукурузы на зерно в зоне с низким уровнем плодородия развиваются лучше при общей дозе внесения удобрений – 250 кг/га, с уменьшением дозы удобрений происходит замедление роста высоты растений кукурузы на 4,0 см. Высота растений при общей дозе внесения – 250 кг/га составляет – 61,0 см, а при дозе внесения 50 кг/га – 58,0 см. В зоне с высоким уровнем плодородия при общей дозе внесения удобрений – 50 кг/га рост кукурузы наибольший – 64,0 см, при дальнейшем увеличении доз удобрений высота растений не увеличивается.

Сравнительный анализ параметров растений кукурузы на зерно по зонам плодородия показал, что высота растений в зоне с высоким уровнем плодородия на участках с дозами внесения удобрений – 50 кг/га достигает 64,0 см, что на 3,0 см выше, чем в зоне с низким уровнем плодородия при дозе внесения – 250 кг/га.

Общий вид растений кукурузы на зерно (гибрид НК Термо) на поле 12/1 в фазе трубкования (30 мая) представлен на рисунке 26. Параметры растений кукурузы на зерно в фазе трубкования представлены в таблице 17.



Рисунок 26 – Общий вид растений кукурузы на зерно в фазе трубкования (гибрид НК Термо) по предшественнику озимая пшеница

Таблица 17 – Параметры растений кукурузы на зерно в фазе трубкование по вариантам опыта в различных зонах плодородия на поле 12/1

Номер точки (площадки)	Зона плодородия	Средняя высота растения, см	Общая доза внесения удобрений, кг/га
6, 11	низкая	30,0	50
7, 12		25,0	100
8, 13		39,5	150
9, 14		31,0	200
10, 20		27,0	250
1, 16	высокая	45,5	50
2, 17		47,5	100
3;18		45,0	150
4;19		46,5	200
5;20		46,5	250

Из данных таблицы видно, что растения кукурузы на зерно в зоне с низким уровнем плодородия развиваются лучше при общей дозе внесения удобрений – 150 кг/га, с уменьшением или увеличением дозы удобрений происходит замедление роста высоты растений кукурузы от 12,5 до 14,5 см. Высота растений при общей дозе внесения – 150 кг/га составляет – 39,5 см, а при дозе внесения – 50 кг/га высота составляет – 30,0 см. В зоне с высоким уровнем плодородия при общей дозе внесения удобрений – 100 кг/га рост растений кукурузы наибольший – 47,5 см, при увеличении доз удобрений высота растений не увеличивается.

Сравнительный анализ параметров растений кукурузы на зерно по зонам плодородия показал, что высота растений в зоне с высоким уровнем плодородия на участках с дозами внесения удобрений – 100 кг/га достигает 47,5 см, что на 8,0 см выше, чем в зоне с низким уровнем плодородия при дозе внесения – 150 кг/га.

Общий вид растений кукурузы на зерно (гибрид ДКС-4541) на поле 11/1 в фазе созревание (3 июля) представлен на рисунке 27.

Параметры растений кукурузы на зерно в фазе созревание представлены в таблице 18.



Рисунок 27 – Общий вид растений кукурузы на зерно в фазе созревание (гибрид ДКС-4541) по предшественнику озимая пшеница

Таблица 18 – Параметры растений кукурузы на зерно в фазе созревание по вариантам опыта в различных зонах плодородия на поле 11/1

Номер точки	Зона плодородия	Средняя высота растения, см	Высота крепления нижнего початка, см	Диаметр стебля, мм	Число початков, шт.	Общая доза внесения удобрений, кг/га
1	низкая	225,9	81,0	21,6	1,4	50
2		203,9	69,0	18,4	1,0	100
3		213,4	89,0	18,5	1,0	150
4		217,5	84,9	20,0	1,0	200
5		251,0	103,0	22,3	1,5	250
6	высокая	225,3	88,0	20,8	1,1	50
7		220,8	80,5	18,8	0,9	100
8		251,7	104,9	22,8	1,5	150
9		217,0	93,5	21,7	1,0	200
10		219,0	82,0	22,5	1,1	250

Из данных таблицы видно, что высота растений кукурузы на зерно в зоне с низким уровнем плодородия наибольшая – 251 см, высота крепления нижнего початка у растений наилучшая – 103 см, диаметр стебля больше – 22,3 мм, среднее число початков составляет 1,5 шт. при общей дозе внесения удобрений – 250 кг/га. С уменьшением дозы удобрений происходит замедление роста высоты растений кукурузы на 1,2-1,3 см, высота крепления нижне-

го початка меньше на 14-34 см, диаметр стебля меньше на 3,9 мм, среднее число початков составляет 1,0 шт.

Растения кукурузы на зерно в зоне с высоким уровнем плодородия развиваются лучше, высота культуры наибольшая – 251,7 см, высота крепления нижнего початка у растений наилучшая – 104,9 см, диаметр стебля больше – 22,8 мм, среднее число початков составляет 1,5 шт. при общей дозе внесения удобрений – 150 кг/га. При уменьшении или увеличении доз удобрений происходит замедление роста высоты кукурузы от 26,4 до 34,7 см, уменьшается диаметр стебля растения от 0,3 до 4 мм, среднее число початков составляет – 1,0 шт.

Сравнительный анализ параметров растений кукурузы на зерно по зонам плодородия показал, что в зоне с высоким уровнем плодородия на участках с дозами внесения удобрений – 150 кг/га получены наиболее высокие показатели, чем в зонах с низким уровнем плодородия при дозе внесения – 250 кг/га, а среднее число початков равное и составляет 1,5 шт. на одном растении.

Общий вид растений кукурузы на зерно (гибрид НК Термо) на поле 12/1 в фазе созревание (8 июля) по предшественнику озимая пшеница представлен на рисунке 28.



Рисунок 28 – Общий вид растений кукурузы на зерно (гибрид НК Термо) на поле 12/1 в фазе созревание по предшественнику озимая пшеница

Параметры растений кукурузы на зерно в фазе созревание представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Параметры растений кукурузы на зерно в фазе созревание по вариантам опыта в различных зонах плодородия на поле 12/1

Номер точки (площадки)	Зона плодородия	Средняя высота растения, см	Высота крепления нижнего початка, см	Диаметр стебля, мм	Число початков, шт.	Общая доза внесения удобрений, кг/га
6, 11	низкая	195,5	81,5	18,3	1,0	50
7, 12		203,8	83,0	18,3	1,0	100
8, 13		208,2	88,5	20,6	1,0	150
9, 14		207,9	82,7	18,5	0,9	200
10, 20		183,8	74,1	18,5	0,9	250
1, 16	высокая	210,2	101,9	18,4	1,0	50
2, 17		203,9	72,9	17,9	0,7	100
3;18		221,6	104,5	19,9	1,0	150
4;19		220,8	94,5	18,5	0,9	200
5;20		217,8	102,5	18,7	1,0	250

Из данных таблицы видно, что в зоне с низким уровнем плодородия при общей дозе внесения удобрений – 150 кг/га наблюдается наибольшая высота растений кукурузы на зерно – 208,2 см, высота крепления нижнего початка у растений – 88,5 см, диаметр стебля больше – 20,6 мм, среднее число початков составляет 1,0 шт. С уменьшением или увеличением доз удобрений происходит замедление роста высоты кукурузы на 12,7-24,4 см, высота крепления нижнего початка меньше на 7-14,4 см, диаметр стебля уменьшается от 2,1 до 2,3 мм, среднее число початков составляет – 1,0 шт.

Растения кукурузы на зерно в зоне с высоким уровнем плодородия развиваются лучше, высота культуры наибольшая – 221,6 см, высота крепления нижнего початка у растений наилучшая – 104,5 см, диаметр стебля составляет – 19,9 мм, среднее число початков составляет 1,0 шт. при общей дозе внесения удобрений – 150 кг/га. При уменьшении или увеличении доз удобрений происходит замедление роста высоты кукурузы от 0,8 до 17,8 см, уменьшается диаметр стебля растения от 1,5 до 2 мм, среднее число початков со-

ставляет – 1,0 шт.

Сравнительный анализ параметров растений кукурузы на зерно по зонам плодородия показал, что в зоне с высоким уровнем плодородия на участках с дозами внесения удобрений – 150 кг/га высота растений достигает – 221,6 см, высота крепления нижнего початка у растений наилучшая – 104,5, диаметр стебля – 19,9 мм, чем в зонах с низким уровнем плодородия при дозе внесения – 150 кг/га, а среднее число початков равное и составляет 1,0 шт. на одном растении.

7 Сравнительный анализ показателей урожайности озимой пшеницы и кукурузы на зерно на участках с низкими и высокими относительными уровнями почвенного плодородия

7.1 Озимая пшеница

Предуборочный отбор снопов озимой пшеницы по предшественнику соя провели 22.06.2019 г.

Общий вид растений озимой пшеницы сорта «Безостая 100» РС-1 на поле 6/3 при отборе снопов представлен на рисунке 29.



Рисунок 29 – Общий вид растений озимой пшеницы сорта «Безостая 100» РС-1 при отборе снопов по предшественнику соя

Параметры растений озимой пшеницы представлены в таблице 20.

Из таблицы видно, что у растений озимой пшеницы в зоне с низким уровнем плодородия высота растений находится в интервале от 90 до 94,3 см, полеглость растений составляет от 0 до 2,5 % , влажность зерна от 18,2 % до 21,4 %, масса 1000 зерен – от 44,2 до 46,9 г, среднее отношение массы зерна к массе соломы 1:1,2, при этом в зоне с высоким уровнем плодородия высота растений варьируется от 92,1 до 97,0 см, полеглость растений составляет 0,45 % - 4,0 %, влажность зерна от 18,3 % до 22,5 %, масса 1000 зерен от 42,0 до 47,2 г, среднее отношение массы зерна к массе соломы 1:1,3.

Таблица 20 – Усредненные параметры растений озимой пшеницы по дозам внесения минеральных удобрений в различных зонах плодородия на поле 6/3

Номер точки (площадки)	Зона плодородия	Средняя высота растения, см	Отношение массы зерна к массе соломы	Масса зерна с площадки 1 м ² , г	Масса соломы с площадки 1 м ² , г	Полеглость растений, %	Влажность зерна, %	Масса 1000 зерен, г	Биологическая урожайность, ц/га	Урожайность в пересчете на стандартную влажность, ц/га	Общая доза внесения удобрений, кг/га
1, 2, 6	низкая	90,0	1:0,95	854,0	802	2,5	21,4	46,4	85,4	78,1	500
4, 7		94,3	1:1,27	893,3	1101	0,7	18,2	44,2	89,3	84,9	600
5, 3		94,3	1:1,15	898,0	1042	0	19,6	46,9	89,8	84,0	700
12	высокая	96	1:1,4	888,0	1272	4,0	22,5	47,2	88,8	80,0	500
11		97,0	1:1,4	1004,0	1384	0,5	19,7	42,0	100,4	93,7	600
8,9,10,13,14, 15		92,1	1:1,25	763,3	949	0,45	18,3	42,1	76,3	72,5	700

Сравнительный анализ продуктивности растений озимой пшеницы по зонам плодородия показал, что в низкой зоне, при увеличении дозы удобрений с 500 до 600 кг/га происходит рост урожайности от 78,1 до 84,9 ц/га, а при дозе 700 кг/га уменьшается до 84,0 ц/га. В зонах с высоким уровнем плодородия при увеличении дозы удобрений с 500 до 600 кг/га, также урожайность увеличивается от 80 до 93,7 ц/га, а дальнейшее увеличение дозы удобрений до 700 кг/га приводит к уменьшению урожая до 72,5 ц/га.

Установлено, что самые высокие показатели урожайности – 93,7 и 84,9 ц/га наблюдаются на контрольных площадках с дозой внесения удобрений – 600 кг/га в зонах с высоким и с низким уровнем соответственно.

Общий вид растений озимой пшеницы сорта «Таня» РС-1 на поле 7/3 при отборе снопов представлен на рисунке 30.



Рисунок 30 – Общий вид растений озимой пшеницы сорта «Таня» РС-1 по предшественнику кукуруза на зерно

Параметры растений озимой пшеницы представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Усредненные параметры растений озимой пшеницы по дозам внесения минеральных удобрений в различных зонах плодородия на поле 7/3

Номер точки (площадки)	Зона плодородия	Средняя высота растения, см	Отношение массы зерна к массе соломы	Масса зерна с площадки 1 м ² , г	Масса соломы с площадки 1 м ² , г	Полежность растений, %	Влажность зерна, %	Масса 1000 зерен, г	Биологическая урожайность, ц/га	Урожайность в пересчете на стандартную влажность, ц/га	Общая доза внесения удобрений, кг/га
7,8,15,16	низкая	74,6	1:1,23	608,0	736	0,35	10,5	43,2	60,8	63,3	200
5,6,13,14		76,6	1:1,03	679,0	706	1,13	11,7	43,0	67,9	69,7	400
3,4,11,12		80,0	1:1,2	719,0	850	0,35	12,3	44,0	71,9	73,3	600
1,2,9,10		79,0	1:1,25	703,0	875	0,88	12,5	43,7	70,3	71,5	800
23,24,31,32	высокая	76,5	1:1,18	721,0	860	1,28	13,0	44,3	72,1	72,9	200
21,22,29,30		78,1	1:1,1	769,0	836	0,38	14,5	46,2	76,9	76,5	400
19,20,27,28		79,6	1:1,23	864,0	1077	0,38	16,5	44,9	86,4	83,9	600
17,18,25,26		80,4	1:1,45	823,0	1159	0,48	18,6	46,2	82,3	77,9	800

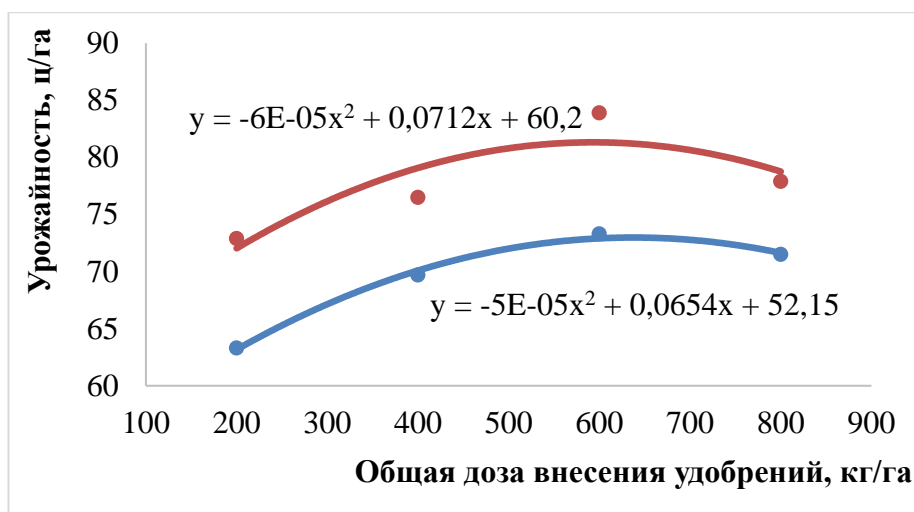
Из данных таблицы видно, что у растений озимой пшеницы в зоне с низким уровнем плодородия высота растений варьируется от 74,6 до 80,0 см, полеглость растений – от 0,35 % до 1,13 %, влажность зерна – от 10,5 % до 12,5 %, масса 1000 зерен – от 43,0 до 44,0 г, среднее отношение массы зерна к массе соломы 1:1,2, а в зоне с высоким уровнем плодородия высота растений варьируется от 76,5 до 80,4 см, полеглость растений – от 0,38 % до 1,28 %, влажность зерна – от 13,0 % до 18,6 %, масса 1000 зерен от 44,3 до 46,2 г, среднее отношение массы зерна к массе соломы 1:1,2.

Сравнительный анализ продуктивности растений озимой пшеницы по зонам плодородия показал, что в низкой зоне при увеличении дозы удобрений с 200 до 600 кг/га происходит увеличение урожайности с 66,3 до 73,3 ц/га, а при дозе внесения – 800 кг/га снижается на 1,8 ц/га. В зонах с высоким уровнем плодородия при увеличении дозы удобрений с 200 до 600 кг/га урожайность увеличивается с 72,9 до 83,9 ц/га, а дальнейшие увеличение дозы до 800 кг/га приводит к уменьшению урожая на 6,0 ц/га.

Установлено, что самая высокая урожайность 83,9 ц/га наблюдается в зонах с высоким уровнем плодородия на контрольных площадках с дозой внесения удобрений – 600 кг/га, в зоне с низким уровнем плодородия самая высокая урожайность 73,3 ц/га наблюдается на контрольных площадках также с дозой внесения удобрений – 600 кг/га.

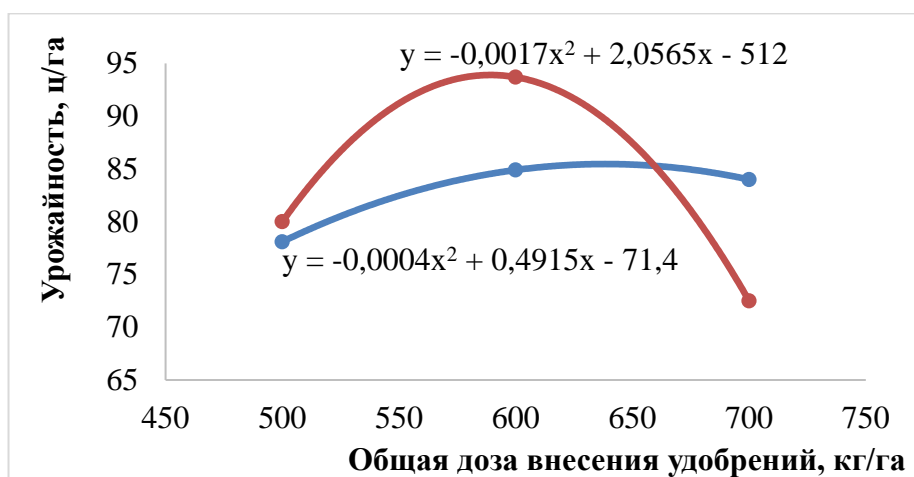
Результаты опытов показали, что увеличение урожайности озимой пшеницы на 1 кг внесенного удобрения (отзывчивость на удобрение) оказалось разным для каждой из зон. В зоне низкого плодородия на поле 7/3 при увеличении дозы удобрений с 200 до 600 кг/га прибавка урожайности составила 10 ц/га (см. таблицу 21). На поле 6/3 при увеличении дозы удобрений с 500 до 600 кг/га прибавка урожайности составила 6,8 ц/га (см. таблицу 20). Максимальная урожайность в зоне низкого плодородия на обоих полях была достигнута при дозе 600 кг/га, а при дальнейшем увеличении дозы удобрений урожайность снизилась.

В зоне высокого плодородия на обоих полях отмечается высокая отзывчивость озимой пшеницы на минеральные удобрения (рисунки 31, 32). При увеличении дозы удобрений с 200 до 600 кг/га прибавка урожайности озимой пшеницы на поле 7/3 составила 11 ц/га, а на поле 6/3 при увеличении дозы удобрений с 500 до 600 кг/га прибавка урожайности составила – 13,7 ц/га. Дальнейшее увеличение доз удобрений, как и в зонах с низким плодородием приводит к значительному снижению урожайности.



— - высокое плодородие — - низкое плодородие

Рисунок 31 – Зависимость урожайности озимой пшеницы от доз внесения удобрений по зонам плодородия на поле 7/3



— - высокое плодородие — - низкое плодородие

Рисунок 32 – Зависимость урожайности озимой пшеницы от доз внесения удобрений по зонам плодородия на поле 6/3

Экономическая эффективность каждой дозы удобрений рассчитана в сравнении с минимальными дозами 200 и 500 кг/га, поэтому на графиках расчет дополнительного дохода приведен начиная с дозы 400 и 600 кг/га соответственно по полям 7/3 и 6/3 (рисунки 33, 34).

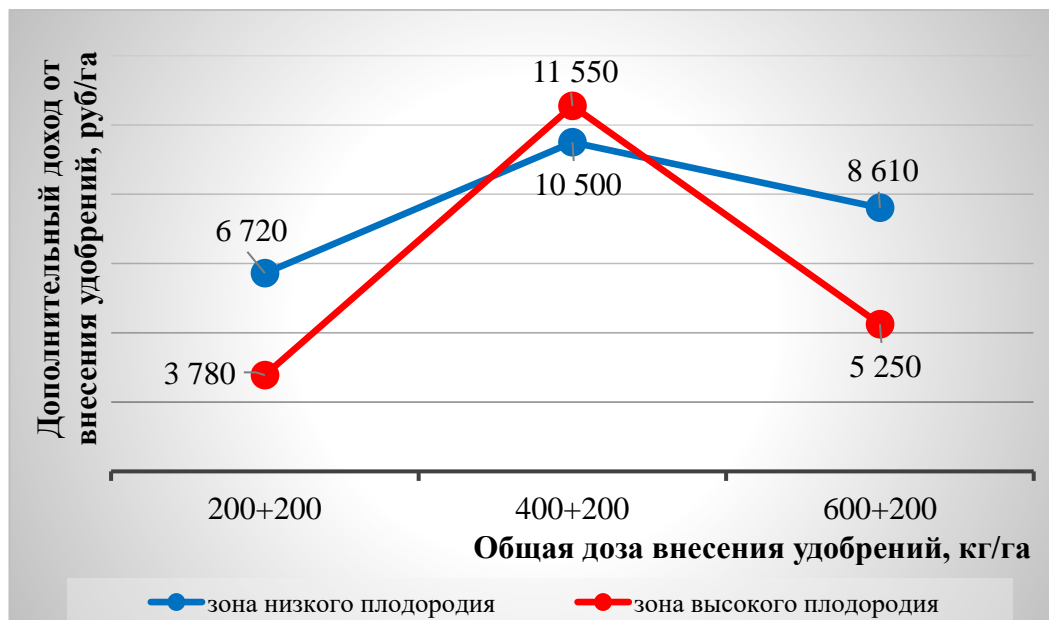


Рисунок 33 – Дополнительный доход от внесения удобрений по зонам плодородия на поле 7/3

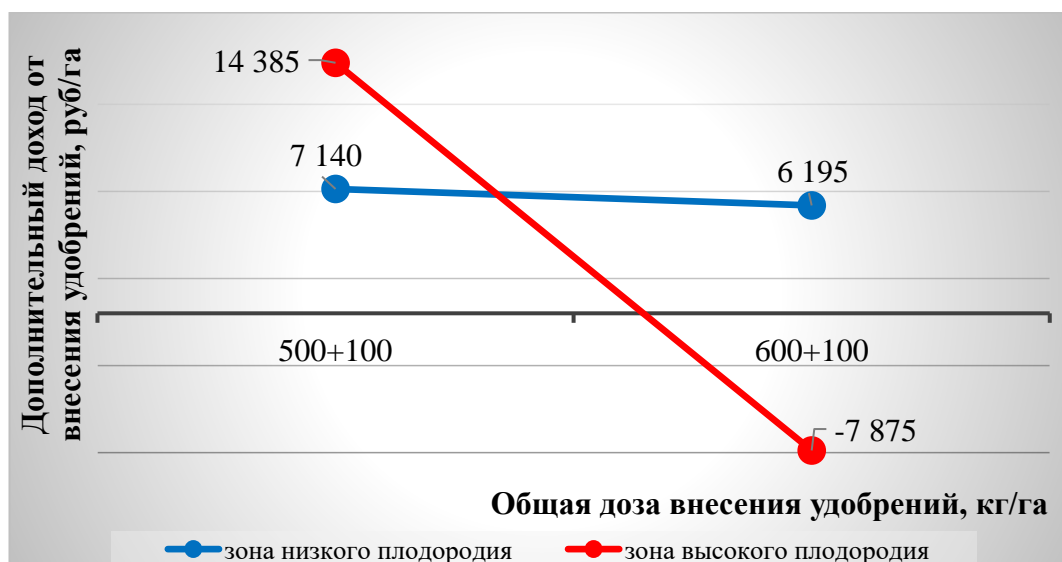


Рисунок 34 – Дополнительный доход от внесения удобрений по зонам плодородия на поле 6/3

При расчетах стоимость 1 кг зерна озимой пшеницы была принята 10 руб. 50 коп. В зоне низкого плодородия максимальный доход на поле 7/3 и

на поле 6/3 зафиксирован при общей дозе удобрений – 600 кг/га. В обоих опытах экономическая эффективность удобрений в зонах с низким плодородием ниже, по сравнению с зонами высокого плодородия.

По результатам проведенного сравнительного анализа влияния дифференцированного внесения минеральных удобрений, установлено, что озимая пшеница по-разному отзывается на различные дозы удобрений в разных зонах карты устойчивой внутриполевой неоднородности плодородия почв, полученной анализом больших спутниковых данных. При увеличении доз минеральных удобрений до 600 кг/га в зоне низкого плодородия карты устойчивой внутриполевой неоднородности прибавка урожайности составляет 9 %, а в зоне высокого плодородия – 17 %. Таким образом, карта устойчивой внутриполевой неоднородности может быть интерпретирована как карта отзывчивости озимой пшеницы на удобрения.

На основе карты устойчивой внутриполевой неоднородности почвенного покрова можно увеличить эффективность применения азотных удобрений, т.е. увеличить валовые сборы без увеличения затрат на сельскохозяйственное производство. Эффективность достигается путем перераспределения существующих доз удобрений внутри поля в виде карт-заданий для техники, оборудованной системами точного земледелия. При этом максимальный доход от внесения удобрений – 14,4 тыс. руб./га, получен в зоне с высоким уровнем плодородия при общей дозе – 600 кг/га.

7.2 Кукуруза на зерно

Уборка кукурузы на опытных участках проведена с 3 по 5 сентября 2019 г. зерноуборочным комбайном Десна-Полесье GS-12 (рисунок 35).

Условия уборки на полях 11/1 и 12/1 были практически одинаковыми: влажность почвы в слое 0-10 см в среднем составляла от 17,3 % до 18,1 %, твердость почвы находилась в диапазоне от 0,2 до 0,5 МПа, растения кукурузы находились в полной спелости во всех вариантах опыта, влажность зерна

варьировала от 12,0 % до 18,8 %, что соответствует требованиям к уборке кукурузы на зерно.



Рисунок 35 – Уборка кукурузы на зерно зерноуборочным комбайном Десна-Полесье GS-12

Параметры растений кукурузы на зерно представлены в таблицах 22, 23.

Таблица 22 – Параметры растений кукурузы на зерно по дозам внесения минеральных удобрений в различных зонах плодородия на поле 11/1

Но- мер точ- ки	Зона пло- дородия	Дли- на по- чатка, см	Диа- метр по- чатка, мм	Масса 1000 зерен, г	Влаж- ность зерна, %	Биоло- гическая урожай- ность, ц/га	Урожайность в пересчете на стандарт- ную влаж- ность, ц/га	Общая доза вне- сения удобре- ний, кг/га
1	низкая	14,0	40,7	308,2	14,5	60,4	60,05	50
2		13,5	41,3	322,2	13,2	62,2	62,78	100
3		13,9	41,4	317,7	14,0	62,5	62,50	150
4		14,1	40,9	301,3	13,3	60,9	61,40	200
5		13,9	41,7	299,6	12,0	60,8	62,21	250
6	высокая	14,7	44,1	325,1	15,1	67,2	66,34	50
7		15,1	43,6	333,0	14,4	69,6	69,28	100
8		15,0	43,7	320,6	13,2	79,0	79,73	150
9		14,8	44,2	336,8	14,2	84,6	84,40	200
10		15,1	46,5	355,0	14,6	87,6	86,99	250

Из данных таблицы 22 видно, что у растений кукурузы в зоне с низким уровнем плодородия длина початка варьируется от 13,5 до 14,1 см, диаметр составляет от 40,7 до 41,7 мм, влажность зерна – от 12,0 % до 14,5 %, масса 1000 зерен колеблется от 299,6 до 322,2 г, а в зоне с высоким уровнем плодородия длина початка варьируется от 14,7 до 15,1 см, диаметр – от 43,6 до 46,5 мм, влажность зерна – от 13,2 % до 15,1 %, масса 1000 зерен варьируется от 320,6 до 355,0 г.

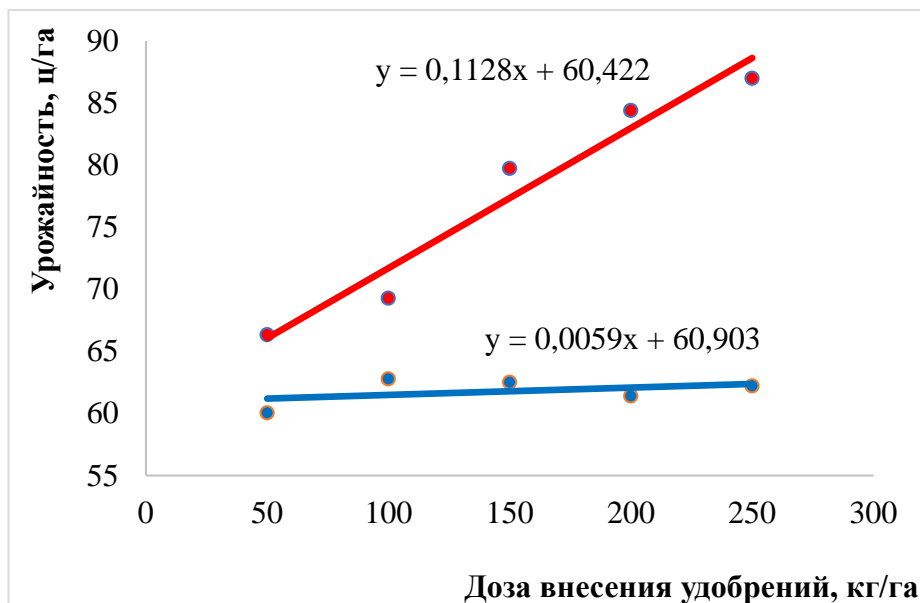
Таблица 23 – Параметры растений кукурузы на зерно по дозам внесения минеральных удобрений в различных зонах плодородия на поле 12/1

Но-мер точки	Зона плодородия	Длина початка, см	Диаметр початка, мм	Масса 1000 зерен, г	Влажность зерна, %	Биологическая урожайность, ц/га	Урожайность в пересчете на стандартную влажность, ц/га	Общая доза внесения удобрений, кг/га
6, 11	низкая	11,7	37,6	288,7	15,8	40,1	39,26	50
7, 12		13,9	41,2	336,8	17,5	41,9	40,19	100
8, 13		12,9	39,4	279,7	15,9	40,2	39,31	150
9, 14		12,9	39,9	294,3	16,7	42,5	41,17	200
10, 20		13,1	39,2	312,9	18,1	38,6	36,76	250
1, 16	высокая	14,4	42,4	313,6	18,8	67,5	63,73	50
2, 17		15,4	43,3	341,7	18,0	76,1	72,56	100
3, 18		15,4	40,8	320,6	18,2	75,8	72,10	150
4, 19		15,1	42,7	320,8	18,1	86,1	82,00	200
5, 20		15,5	44,2	305,1	17,8	89,9	85,93	250

Из данных таблицы 23 видно, что у растений кукурузы в зоне с низким уровнем плодородия длина початка варьируется от 11,7 до 13,9 см, диаметр – от 37,6 до 41,2 мм, влажность зерна – от 15,8 % до 18,1 %, масса 1000 зерен варьируется от 288,7 до 336,8 г, а в зоне с высоким уровнем плодородия длина початка варьируется от 14,4 до 15,5 см, диаметр – от 40,8 до 44,2 мм, влажность зерна – от 17,8 % до 18,8 %, масса 1000 зерен – от 305,1 до 341,7 г.

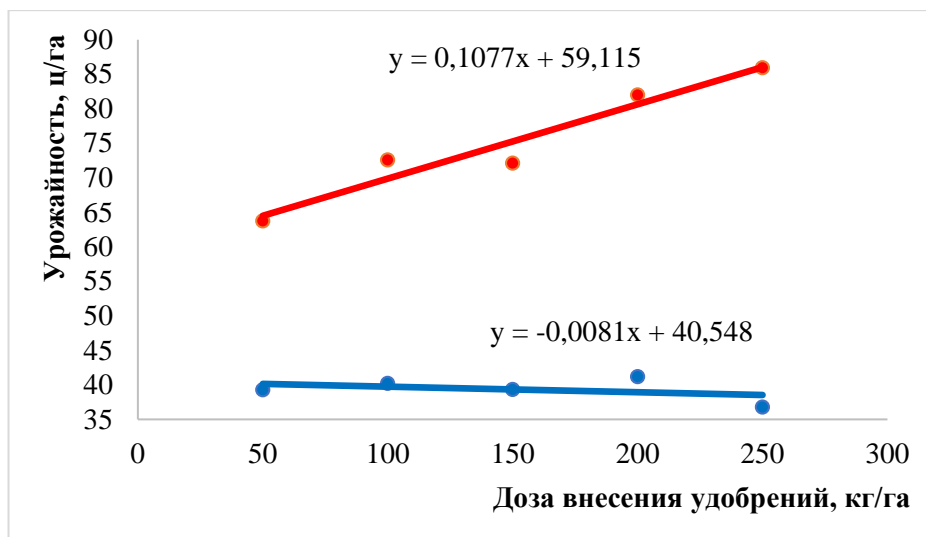
Результаты опытов показали, что увеличение урожайности кукурузы на 1 кг внесенного удобрения (отзывчивость на удобрение) оказалось разным для каждой из зон. В зоне низкого плодородия на поле 11/1 при увеличении дозы удобрений с 50 до 250 кг/га прибавка урожайности составила 2,16 ц/га

(см. таблицу 22). На поле 12/1 максимальная урожайность в зоне низкого плодородия была достигнута при дозе 200 кг/га, а при 250 кг/га урожайность снизилась. В зоне высокого плодородия на обоих полях отмечается высокая отзывчивость кукурузы на азотные удобрения (рисунки 36, 37).



— - высокое плодородие — - низкое плодородие

Рисунок 36 – Зависимость урожайности кукурузы от доз внесения удобрений по зонам плодородия на поле 11/1



— - высокое плодородие — - низкое плодородие

Рисунок 37 – Зависимость урожайности кукурузы от доз внесения удобрений по зонам плодородия на поле 12/1

При увеличении дозы удобрений с 50 до 250 кг/га прибавка урожайности кукурузы на поле 11/1 составила 20,65 ц/га, а на поле 12/1 – 22,20 ц/га.

Экономическая эффективность от внесения каждой дозы удобрений рассчитана в сравнении с минимальной дозой 50 кг/га, поэтому на графиках расчет дополнительного дохода приведен начиная с дозы 100 кг/га (рисунки 38, 39).

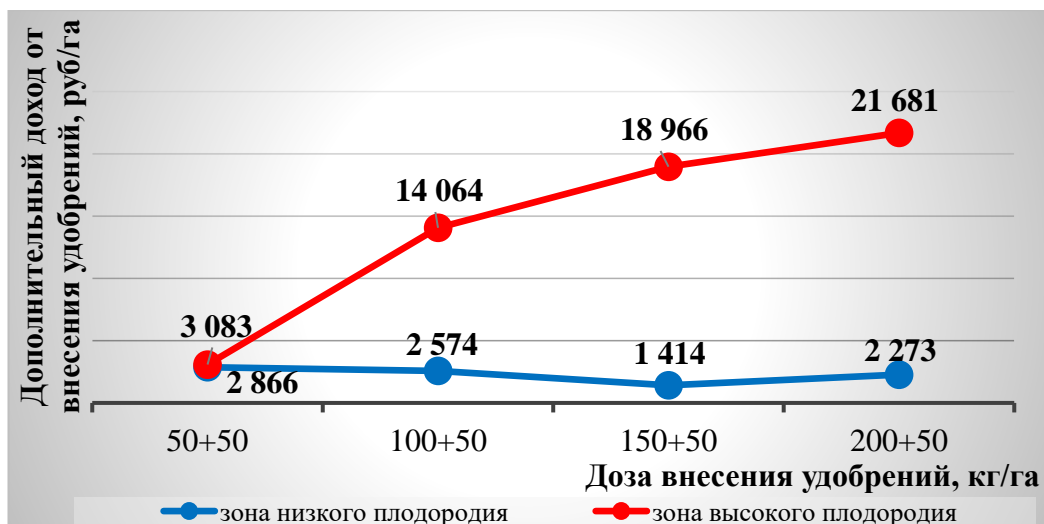


Рисунок 38 – Дополнительный доход от внесения удобрений по зонам плодородия на поле 11/1

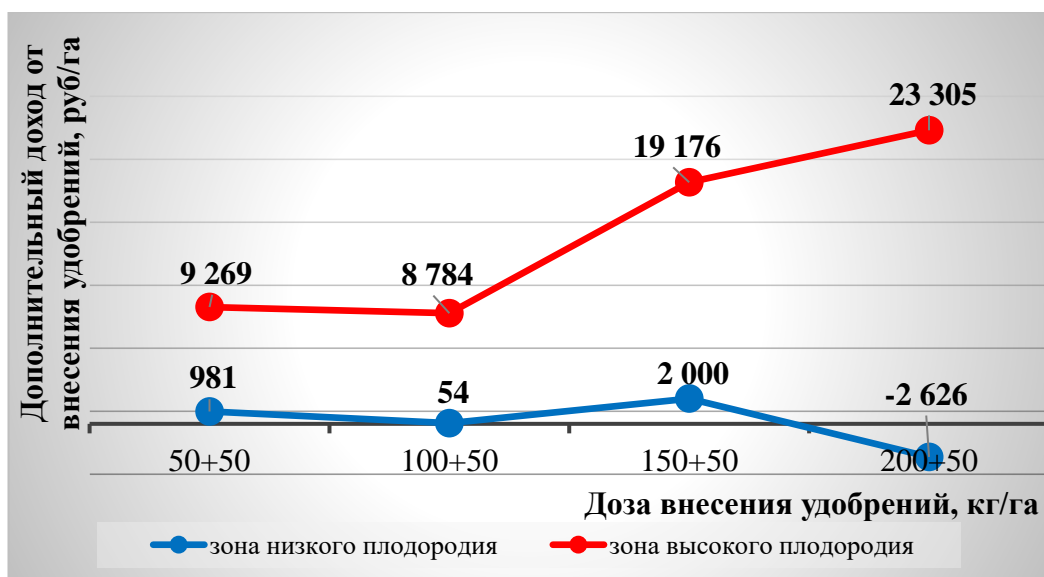


Рисунок 39 – Дополнительный доход от внесения удобрений по зонам плодородия на поле 12/1

При расчетах стоимость 1 кг зерна кукурузы была принята 10 руб. 50 коп. В зоне низкого плодородия максимальный доход на поле 11/1 зафиксирован при дозе 100 кг/га аммиачной селитры, на поле 12/1 при дозе – 200 кг/га. В обоих опытах экономическая эффективность от применения аммиачной селитры в зонах с низким плодородием была значительно ниже, по сравнению с зонами высокого плодородия.

По результатам проведенного сравнительного анализа влияния дифференцированного внесения азотных удобрений агрегатом Беларус 1025.2+ Vogballe M2, оборудованным навигационным комплексом «Агронавигатор-Асур-Дозатор» в зонах различного плодородия на эффективность возделывания кукурузы на зерно по результатам полевых опытов, установлено, что применение увеличенных доз минеральных удобрений в зонах с высоким уровнем плодородия позволяет достичь высокий экономический эффект до 23,3 тыс. руб./га. В зонах с низким уровнем плодородия неэффективно применять увеличенные дозы удобрений, а рекомендуется в этих зонах вносить удобрения с низкими дозами, а часть удобрений перераспределять в зоны со средним и высоким уровнями плодородия. Таким образом, для повышения экономической эффективности возделывания кукурузы на зерно на отдельных участках поля необходимо проводить дифференцированное внесение удобрений с учетом зон плодородия, установленных согласно карт устойчивой внутриполевой неоднородности.

8 Результаты картирования урожайности при уборке зерновых культур

Применение картирования урожайности в сельскохозяйственном производстве позволяет выявлять неравномерность урожая в пределах поля, предоставляет возможность целенаправленного исследования причин снижения урожайности, обеспечивает получение объективных данных для перехода к технологиям точного земледелия, является практическим инструментом для идентификации проблемных зон и принятия агрономических, и управляющих решений при различных начальных данных и вариантах обработки полей (рисунок 40).

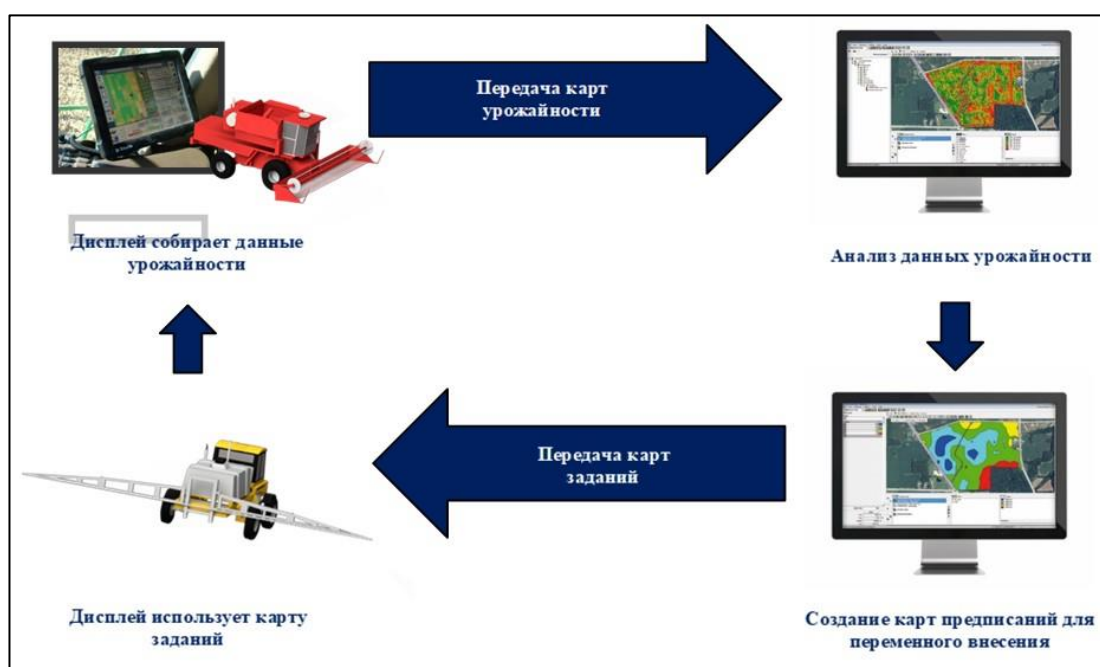
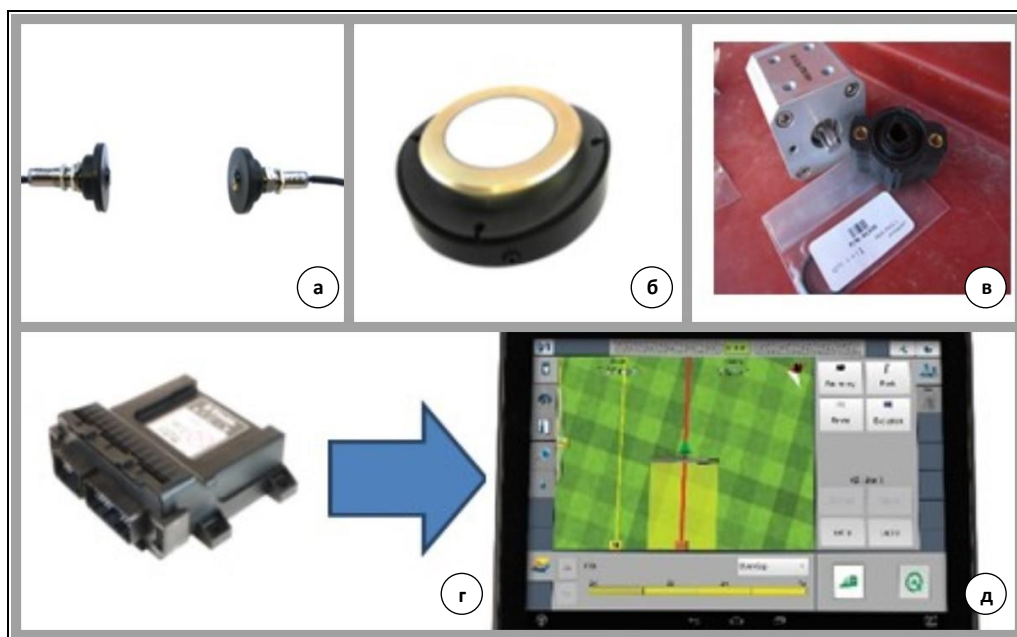


Рисунок 40 – Основные функции системы картирования урожайности

Система картирования урожайности Yield Monitoring устанавливается на зерноуборочные комбайны и предназначена для определения урожайности на отдельных участках поля.

Комплект оборудования для мониторинга урожайности состоит из: полевой навигационной системы Trimble TMX-2050, датчика урожайности, датчика влажности, датчика положения жатки, электронного модуля и комплекта креплений и проводов (рисунок 41).



а – датчик урожайности; б – датчик влажности; в – датчик положения жатки;
г – электронный модуль; д – дисплей ТМХ-2050

Рисунок 41 – Комплект оборудования для мониторинга урожайности

Для обработки данных используется программное обеспечение FmX Plus. Данные от датчиков отображаются на дисплее и одновременно записываются в память дисплея ТМХ-2050 для последующего переноса информации на офисный компьютер и анализа в программном обеспечении (ПО) Farm Works. Датчик урожайности, измеряя объем зерна на лопастях элеватора, (рисунок 42) определяет массу материала, проходящего через элеватор в бункер комбайна. Датчик влажности, установленный внизу элеватора, определяет влажность материала, а датчик положения жатки используется для автоматизации включения и отключения регистрации сигналов от датчиков урожайности и влажности. Информация от датчиков объединяется с координатами от навигационной системы GPS, что позволяет создавать детальные карты урожайности отдельных участков поля.

После монтажа и подключения элементов системы на зерноуборочный комбайн, для обеспечения корректной работы, необходимо провести первичную настройку ПО FmXPlus. При этом в систему вносятся идентификационные данные комбайна (марка, модель, номер и т.д.), информация о конструк-

тивных особенностях установки элементов системы на комбайн (геометрические параметры зернового элеватора, расположение датчиков относительно элементов конструкции комбайна, время прохождения убираемого материала от ножа режущего аппарата до датчика влажности и др.) рисунок 43.

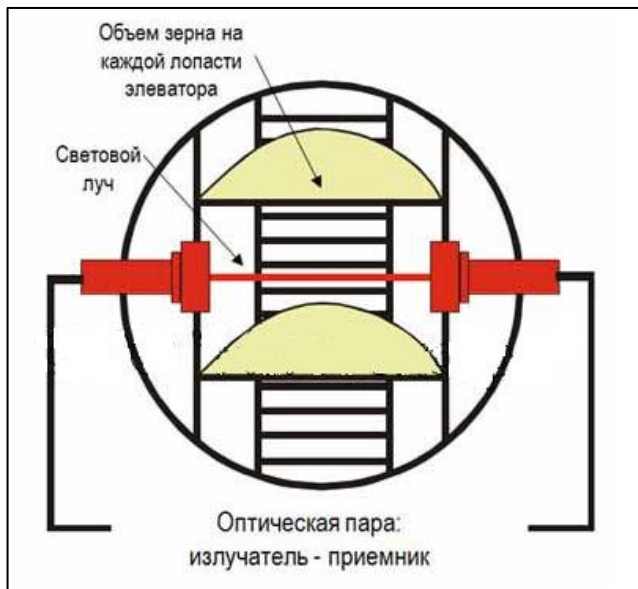


Рисунок 42 – Принцип работы оптического датчика урожайности

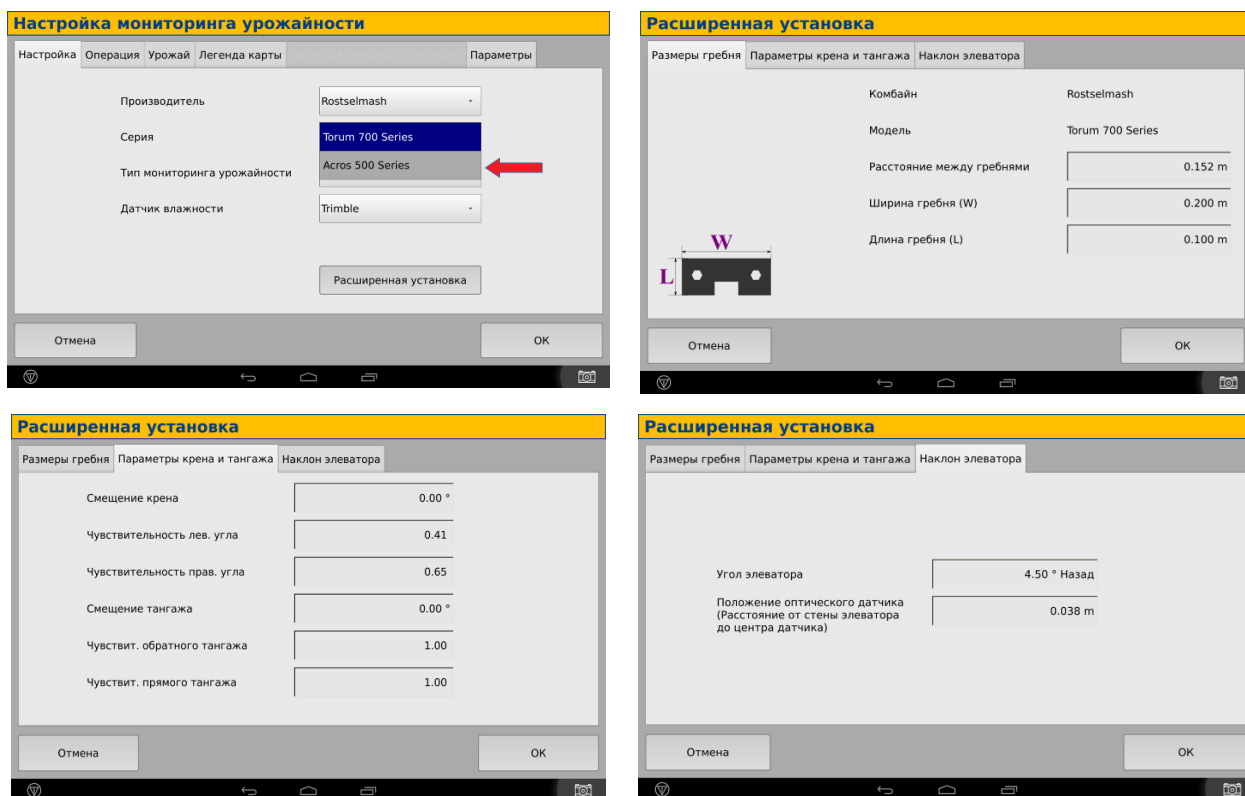


Рисунок 43 – Элементы процедуры первичной настройки системы

Далее, последовательно выполняются калибровки следующих датчиков: крена, высоты жатки, влажности и урожайности. Калибровки проводятся в полуавтоматическом режиме, для проведения калибровок достаточно ввести систему в соответствующий режим и следовать указаниям на экране дисплея (рисунок 44).

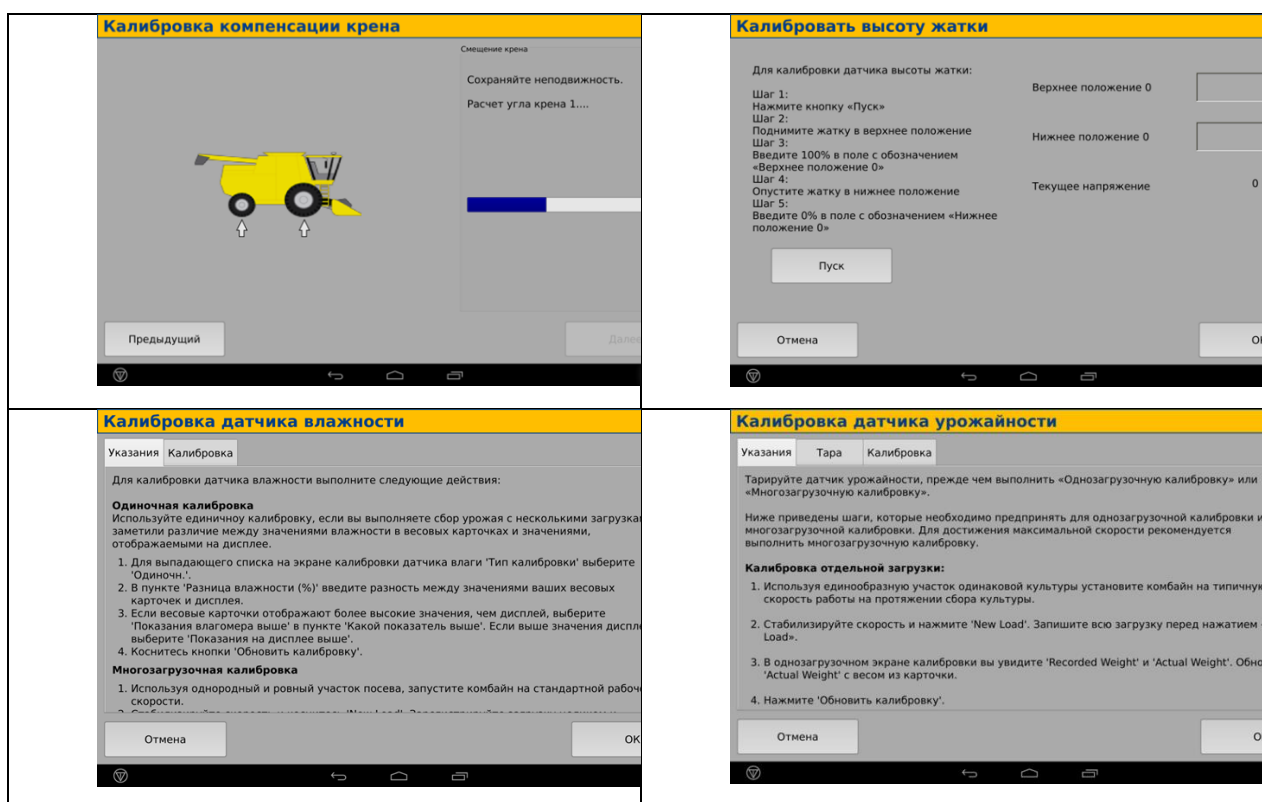


Рисунок 44 – Элементы процедуры калибровки датчиков

Следует отметить, что в системе имеется два типа калибровок датчика влажности и урожайности: по одной загрузке бункера и по нескольким загрузкам. Второй тип калибровки рекомендуется проводить первый раз после установки системы и при смене убираемой культуры, первый тип калибровки – при отклонении показаний от фактических более чем на 3 % (как правило, при значительных изменениях характеристик убираемой культуры, переезде на другое поле и т.д.).

После окончания всех процедур, связанных с настройкой и калибровкой, система готова к работе. Для начала картирования урожайности следует вой-

ти в приложение FmX Plus, дождаться окончания полной загрузки приложения и процедуры самодиагностики, и посредством экранной кнопки с одноименным названием, открыть поле.

Далее, после отображения (и принятия) сводной информации о настройках системы, профиле машины и т.д., на следующем шаге, из предварительно сформированного выпадающего списка, следует выбрать наименование поля, на котором будут проводиться работы и подтвердить выбор настроек. На экране отобразится рабочий интерфейс и можно приступать к работе (рисунки 45, 46).

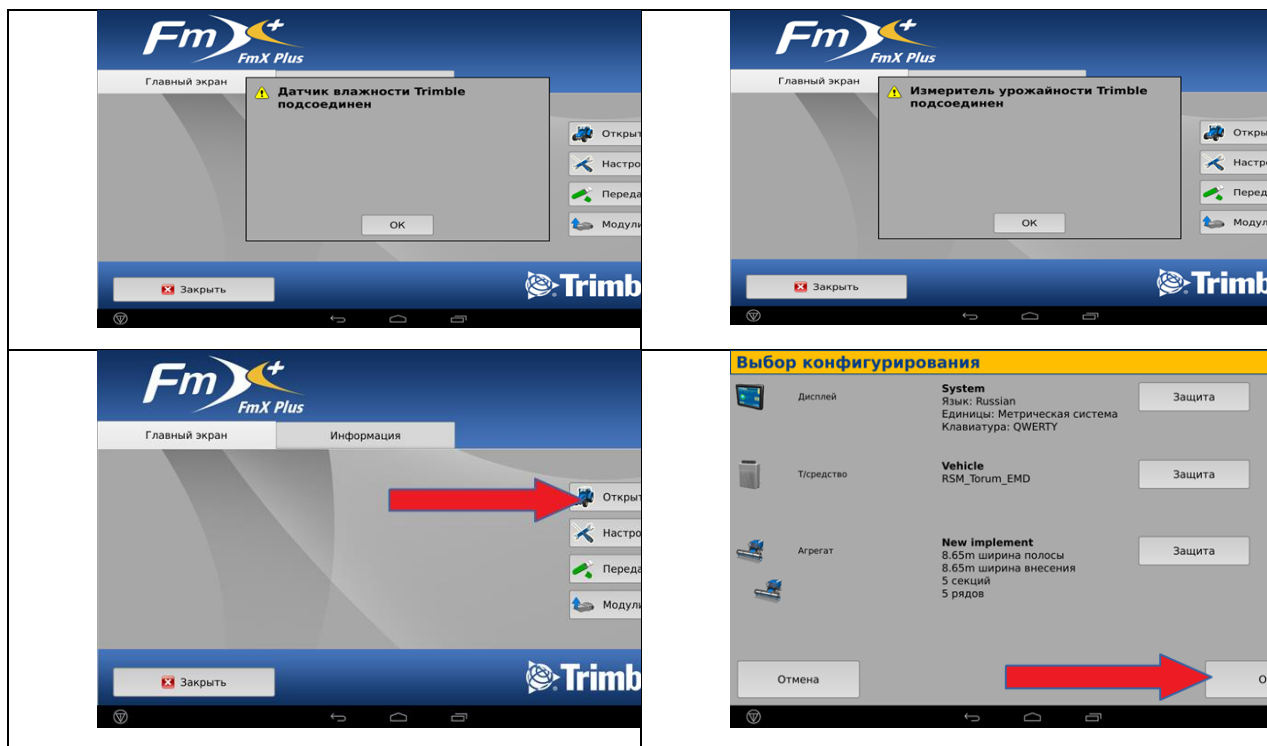


Рисунок 45 – Порядок проверки готовности к работе и выбора конфигурации машинно-тракторного агрегата

В процессе работы оператору предоставляется широкий спектр информации о выполнении процесса: масса убранного зерна, мгновенная урожайность, средняя в текущей загрузке и на текущем поле урожайность, влажность культуры, обработанная площадь и т.д. Число отображаемых параметров и место их отображения на экране, оператор может настроить на свое

усмотрение. Независимо от отображения на экране, все параметры записываются в память устройства.

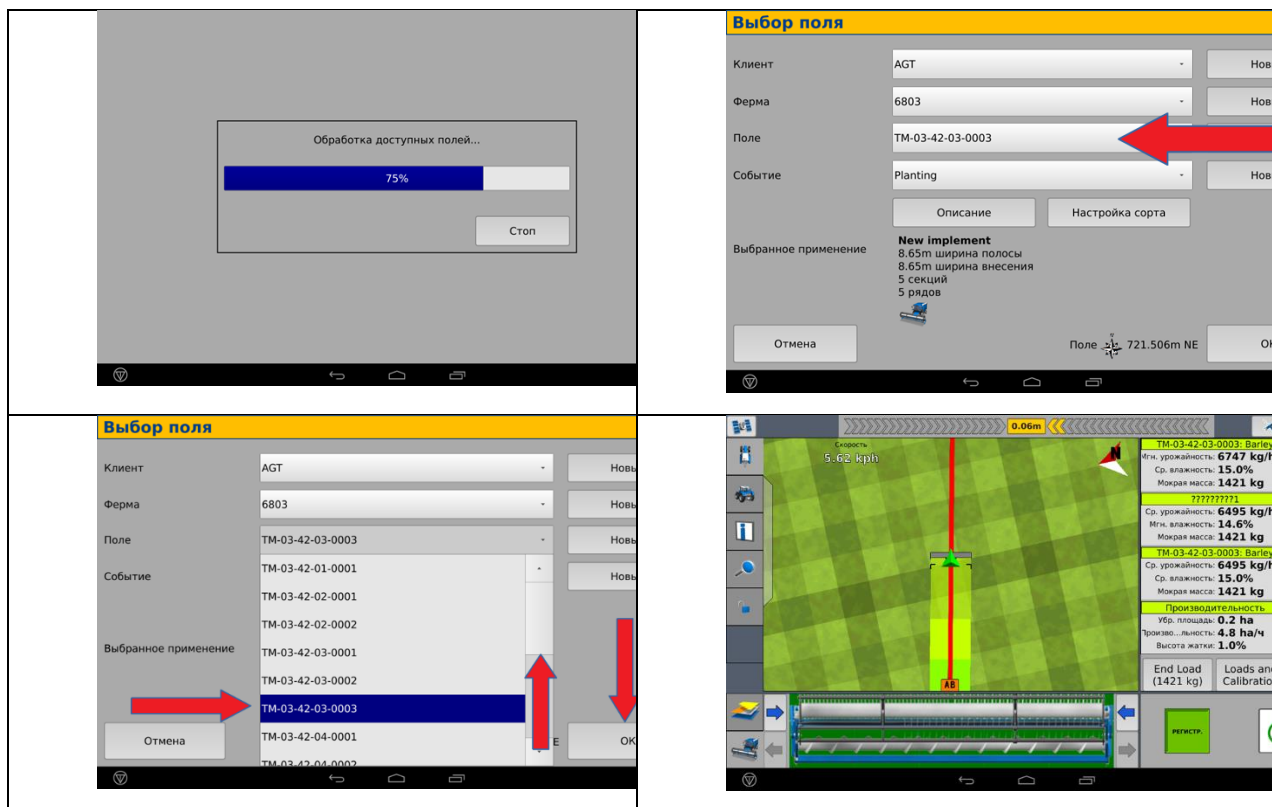


Рисунок 46 – Порядок внесения информации о поле и окно режима работы

По окончании работ, полученные данные экспортируются на флэш-накопитель и переносятся на ПК с установленным программным обеспечением Farm Works для дальнейшей обработки и анализа.

В соответствии с рабочей программой проведения исследований, сплошное картирование урожайности озимой пшеницы проведено на полях 6/3 и 7/3, а кукурузы на поле 11/1 валидационного полигона КубНИИТиМ в агротехнические сроки. Картирование урожайности озимой пшеницы было проведено в период с 23.06 по 29.06, кукурузы на зерно – с 03.09 по 05.09.

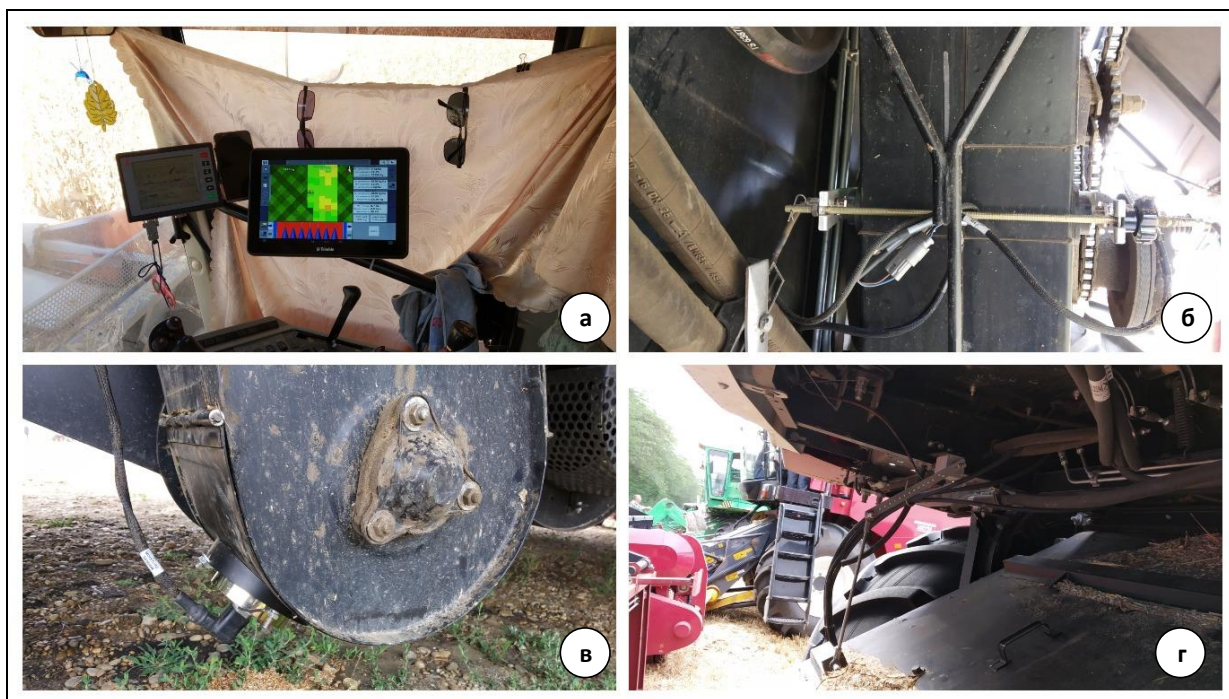
Для проведения картирования урожайности, системой Trimble YM был оборудован самоходный зерноуборочный комбайн Десна-Полесье GS-12 (рисунки 47, 48).

Перед проведением картирования урожайности, система была откалибрована в соответствии с инструкцией. В процессе картирования, для кон-

троля точности работы системы Trimble YM, периодически, параметры загрузки бункера (масса убранного зерна и средняя влажность зерна) повторно измерялись на приемном пункте.



Рисунок 47 – Самоходный зерноуборочный комбайн Десна-Полесье GS-12



а – монитор ТМХ-2050; б – датчик урожайности; в – датчик влажности;
г - датчик высоты жатки

Рисунок 48 – Установка Trimble YM на зерноуборочный комбайн

Результаты измерения урожайности по всем загрузкам приведены в таблицах 24-26, карты урожайности (первичные данные) – на рисунках 49-54.

Таблица 24 – Результаты измерения урожайности озимой пшеницы (поле 6/3)

Номер загрузки*	Фактические данные				Приведенные к стандартной влажности (14,5 %)	
	Масса зерна в бункере, кг	Влажность зерна, %	Убранная площадь, га	Урожайность, т/га	Масса зерна в бункере, т	Урожайность, т/га
44	6 688,08	16,26	1,10	6,07	6,55	5,95
45	7 366,51	17,60	1,30	5,66	7,10	5,45
46	2 704,46	14,70	0,28	9,54	2,70	9,52
79	7 176,87	14,28	0,88	8,12	7,18	8,12
80	7 363,99	13,95	0,97	7,59	7,36	7,59
81	7 154,13	13,86	0,94	7,64	7,15	7,64
82	7 648,34	13,86	0,89	8,63	7,65	8,63
83	4 915,86	13,66	0,58	8,49	4,92	8,49
84	9 135,38	13,46	0,97	9,37	9,14	9,37
85	9 294,52	13,44	1,03	9,04	9,29	9,04
86	9 301,39	13,31	1,00	9,33	9,30	9,33
87	9 275,59	13,23	1,03	8,99	9,28	8,99
88	8 968,74	13,17	1,00	8,96	8,97	8,96
89	9 642,97	13,25	1,07	8,99	9,64	8,99
90	4 213,22	13,28	0,64	6,63	4,21	6,63
91	2 534,51	55,38	0,34	7,37	1,32	3,84
92	7 365,39	13,97	1,01	7,26	7,37	7,26
93	7 186,53	14,16	1,02	7,07	7,19	7,07
96	14 933,56	14,36	1,97	7,58	14,93	7,58
97	7 874,20	14,18	1,00	7,91	7,87	7,91
98	8 169,71	13,98	1,07	7,61	8,17	7,61
99	8 261,87	13,84	1,06	7,83	8,26	7,83
100	8 245,56	13,71	0,98	8,45	8,25	8,45
101	7 853,48	13,77	1,05	7,51	7,85	7,51
102	8 180,16	13,88	1,13	7,26	8,18	7,26
103	7 240,42	13,88	1,05	6,89	7,24	6,89
104	15 884,43	13,81	2,06	7,72	15,88	7,72
105	7 913,08	13,68	1,03	7,68	7,91	7,68
106	8 098,78	13,66	1,05	7,68	8,10	7,68
107	7 913,21	13,65	1,02	7,73	7,91	7,73
108	14 766,91	13,66	2,03	6,73	14,77	7,28
109	7 771,85	13,80	1,04	7,50	7,77	7,50
110	7 746,04	14,01	1,06	7,31	7,75	7,31
111	7 943,57	14,24	1,08	7,39	7,94	7,39
112	7 325,71	14,39	0,98	7,46	7,33	7,46

Окончание таблицы 24

Номер загрузки*	Фактические данные				Приведенные к стандартной влажности (14,5 %)	
	Масса зерна в бункере, кг	Влажность зерна, %	Убранная площадь, га	Урожайность, т/га	Масса зерна в бункере, т	Урожайность, т/га
113	7 832,34	14,56	0,98	8,03	7,83	8,03
114	4 443,65	14,55	0,57	7,81	4,44	7,81
115	15 605,69	14,36	2,06	7,58	15,61	7,58
116	7 917,66	14,32	1,08	7,30	7,92	7,30
117	7 925,67	14,18	1,45	5,46	7,93	5,46
118	7 854,30	14,14	1,14	6,91	7,85	6,91
119	2 019,65	14,07	0,28	7,31	2,02	7,31
120	9 215,71	14,00	1,38	6,68	9,22	6,68

* - указан порядковый номер загрузки бункера в соответствии с нумерацией Trimble YM

Таблица 25 – Результаты измерения урожайности озимой пшеницы (поле 7/3)

Номер загрузки*	Фактические данные				Приведенные к стандартной влажности (14,5 %)	
	Масса зерна в бункере, кг	Влажность зерна, %	Убранная площадь, га	Урожайность, т/га	Масса зерна в бункере, т	Урожайность, т/га
39	7 225,40	11,10	1,03	6,99	7,51	7,27
40	8 018,03	12,10	1,23	6,51	8,24	6,70
41	7 625,57	11,79	1,07	7,10	7,87	7,32
42	4 861,44	12,14	0,70	6,94	9,99	14,25
43	3 278,96	12,42	0,42	7,85	3,36	8,04
48	7 692,01	15,30	0,84	9,16	7,62	9,08
49	7 566,03	15,00	0,83	9,16	7,52	9,10
50	7 660,65	14,35	0,84	9,12	7,67	9,13
51	7 354,19	14,25	0,90	8,20	7,38	8,23
52	6 124,21	14,15	0,78	7,89	6,15	7,93
53	6 674,60	14,11	0,88	7,61	6,70	7,65
54	7 542,92	14,33	1,13	6,70	7,56	6,71
55	6 428,52	14,33	0,86	7,50	6,44	7,51
56	7 023,79	14,71	0,99	7,08	7,01	7,07
57	6 849,11	14,51	0,94	7,32	6,85	7,32
58	7 398,28	14,29	1,01	7,34	7,42	7,35
59	7 483,62	14,21	1,02	7,34	7,51	7,37
60	7 500,60	14,05	0,97	7,72	7,54	7,76
61	6 720,93	13,97	0,90	7,46	6,76	7,51
62	7 769,31	13,88	0,98	7,89	7,83	7,92

Окончание таблицы 25

Номер загрузки*	Фактические данные				Приведенные к стандартной влажности (14,5 %)	
	Масса зерна в бункере, кг	Влажность зерна, %	Убранная площадь, га	Урожайность, т/га	Масса зерна в бункере, т	Урожайность, т/га
63	7 481,54	13,68	1,01	7,40	7,55	7,47
64	7 822,59	13,60	1,00	7,82	7,91	7,90
65	8 299,27	13,51	0,96	8,66	8,40	8,76
66	7 889,10	13,48	1,04	7,57	7,98	7,67
67	7 744,50	13,49	1,06	7,31	7,84	7,40
68	7 527,65	13,56	1,09	6,91	7,61	6,99
69	6 949,93	13,48	0,97	7,19	7,03	7,28
70	7 355,36	13,64	1,17	6,29	7,43	6,35
71	7 322,34	15,24	1,12	6,52	7,26	6,47
72	6 590,80	13,78	1,05	6,27	6,65	6,32
73	7 660,00	14,20	1,14	6,70	7,69	6,73
74	7 100,00	14,26	1,05	6,76	7,12	6,77
75	7 180,00	14,41	1,08	6,67	7,19	6,68
76	6 436,58	14,40	0,95	6,75	6,44	6,75
77	5 996,14	14,54	0,83	7,24	5,99	7,24
78	2 002,29	14,40	0,41	4,91	2,00	4,92

* - указан порядковый номер загрузки бункера в соответствии с нумерацией Trimble YM

Таблица 26 – Результаты измерения урожайности кукурузы на зерно (поле 11/1)

Номер загрузки*	Фактические данные				Приведенные к стандартной влажности (14,5 %)	
	Масса зерна в бункере, кг	Влажность зерна, %	Убранная площадь, га	Урожайность, т/га	Масса зерна в бункере, т	Урожайность, т/га
169	4 644,97	11,64	0,73	6,36	4,77	6,54
170	5 580,00	11,47	0,86	6,48	5,74	6,68
171	5 780,00	11,60	0,92	6,31	5,94	6,49
172	5 839,78	11,66	0,88	6,60	6,00	6,78
173	5 877,99	11,61	0,92	6,41	6,04	6,59
174	5 891,86	11,50	1,20	4,92	6,06	5,07
175	5 807,40	11,51	0,96	6,03	5,98	6,20
176	5 828,01	11,45	0,98	5,94	6,00	6,12
177	5 789,03	11,44	0,97	5,94	5,96	6,12
178	5 829,19	11,47	0,88	6,65	6,00	6,84
179	5 878,79	11,47	0,96	6,11	6,05	6,29
180	5 784,12	11,53	0,98	5,88	5,95	6,05
181	5 733,69	11,55	1,05	5,48	5,90	5,63

Продолжение таблицы 26

Номер за- грузки*	Фактические данные				Приведенные к стан- дартной влажности (14,5 %)	
	Масса зер- на в бунке- ре, кг	Влаж- ность зер- на, %	Убранная площадь, га	Урожай- ность, т/га	Масса зер- на в бун- кере, т	Урожай- ность, т/га
182	5 611,75	11,56	0,84	6,69	5,77	6,88
183	5 914,74	11,59	1,02	5,81	6,08	5,98
184	11 440,87	11,70	1,89	6,05	11,75	6,21
185	5 522,59	11,83	0,96	5,77	5,66	5,92
186	5 704,62	11,93	0,82	6,96	5,84	7,13
187	3 920,66	11,97	0,70	5,57	4,01	5,70
188	5 629,37	11,85	0,81	6,91	5,77	7,08
189	5 730,24	11,57	0,99	5,80	5,89	5,96
190	5 832,29	11,53	0,97	6,04	6,00	6,22
191	5 779,54	11,44	0,96	5,99	5,95	6,17
192	5 756,47	11,41	1,06	5,42	5,93	5,59
193	5 861,48	11,36	0,94	6,21	6,04	6,40
194	5 832,20	11,31	1,04	5,62	6,01	5,79
195	11 641,39	11,25	1,99	5,86	12,01	6,05
196	5 737,33	11,15	0,99	5,79	5,93	5,98
197	686,37	11,40	0,12	5,72	0,71	5,89
198	4 997,57	11,15	0,82	6,09	5,16	6,29
199	4 408,83	11,22	0,77	5,71	4,55	5,90
200	5 735,04	11,10	1,00	5,74	5,93	5,93
201	11 782,46	11,22	1,90	6,22	12,16	6,42
202	5 605,14	11,14	0,96	5,82	5,79	6,01
203	5 796,40	11,10	1,01	5,72	5,99	5,91
204	5 720,26	11,21	0,96	5,95	5,91	6,15
205	5 675,96	11,27	0,95	5,95	5,86	6,14
206	5 498,49	11,22	0,90	6,12	5,68	6,32
207	5 888,60	11,11	1,02	5,77	6,09	5,96
208	5 701,56	11,13	1,02	5,58	5,89	5,77
209	5 807,49	11,05	0,95	6,13	6,01	6,34
210	5 719,49	11,02	0,98	5,86	5,92	6,06
211	5 802,77	11,06	0,94	6,18	6,00	6,39
212	5 775,69	11,18	0,94	6,12	5,97	6,32
213	5 785,66	11,28	1,01	5,75	5,97	5,93
214	5 860,32	11,32	0,92	6,34	6,04	6,54
215	5 701,47	11,41	0,99	5,79	5,87	5,96
216	5 681,58	11,46	0,97	5,87	5,85	6,05
217	5 698,82	11,58	1,05	5,45	5,86	5,61
218	5 594,98	11,50	0,96	5,83	5,76	6,00
219	3 131,60	11,47	0,41	7,73	3,22	7,96
220	2 548,46	11,21	0,45	5,62	2,63	5,81
221	11 710,02	11,28	1,94	6,05	12,08	6,24

Окончание таблицы 26

Номер загрузки*	Фактические данные				Приведенные к стандартной влажности (14,5 %)	
	Масса зерна в бункере, кг	Влажность зерна, %	Убранная площадь, га	Урожайность, т/га	Масса зерна в бункере, т	Урожайность, т/га
222	5 431,45	11,08	0,93	5,87	5,62	6,07
223	5 546,64	11,02	1,01	5,47	5,74	5,66
224	1 871,46	10,91	0,48	3,91	1,94	4,05
225	3 661,17	11,15	0,63	5,78	3,78	5,97
226	7 410,00	11,04	0,85	8,69	7,67	8,99
227	810,67	11,04	0,12	6,82	0,84	7,06
228	655,63	11,04	0,11	6,17	0,68	6,39
229	319,35	10,87	0,04	9,12	0,33	9,46
230	3 783,10	11,17	0,64	5,88	3,91	6,07
231	48,51	11,27	0,02	1,98	0,05	2,04
232	5 595,83	11,00	0,51	11,05	5,79	11,43
233	6 021,43	11,02	0,99	6,08	6,23	6,29
234	5 828,57	11,02	0,93	6,29	6,03	6,50
235	5 912,74	11,07	0,92	6,45	6,11	6,67
236	5 817,22	11,06	0,91	6,37	6,02	6,59
237	11 648,04	10,88	2,11	5,51	12,07	5,71
238	6 227,62	10,86	1,07	5,82	6,45	6,03
239	5 734,97	10,93	0,87	6,58	5,94	6,81
240	11 909,41	10,96	1,89	6,29	12,33	6,51
241	5 742,97	10,92	0,92	6,24	5,95	6,47
242	5 912,33	10,93	0,93	6,33	6,12	6,55
243	4 146,95	11,08	0,65	6,40	4,29	6,62

* - указан порядковый номер загрузки бункера в соответствии с нумерацией Trimble YM

Применение системы картирования урожайности позволило получить точные данные об урожайности и влажности зерна сразу после уборки, расхождение между показаниями системы по параметру массы убранного зерна не превышали 1,5 %, а по параметру влажности зерна – 0,1 %.

Карты, составленные на основе данных об урожайности полей, позволили определить проблемные зоны на участках с низкой урожайностью озимой пшеницы и кукурузы на зерно.

Полученные, таким образом, цифровые карты урожайности совместно с картами агрохимического обследования и картами устойчивой внутриполевой неоднородности полей могут быть использованы для создания наиболее точных карт-заданий для дифференцированного внесения удобрений.

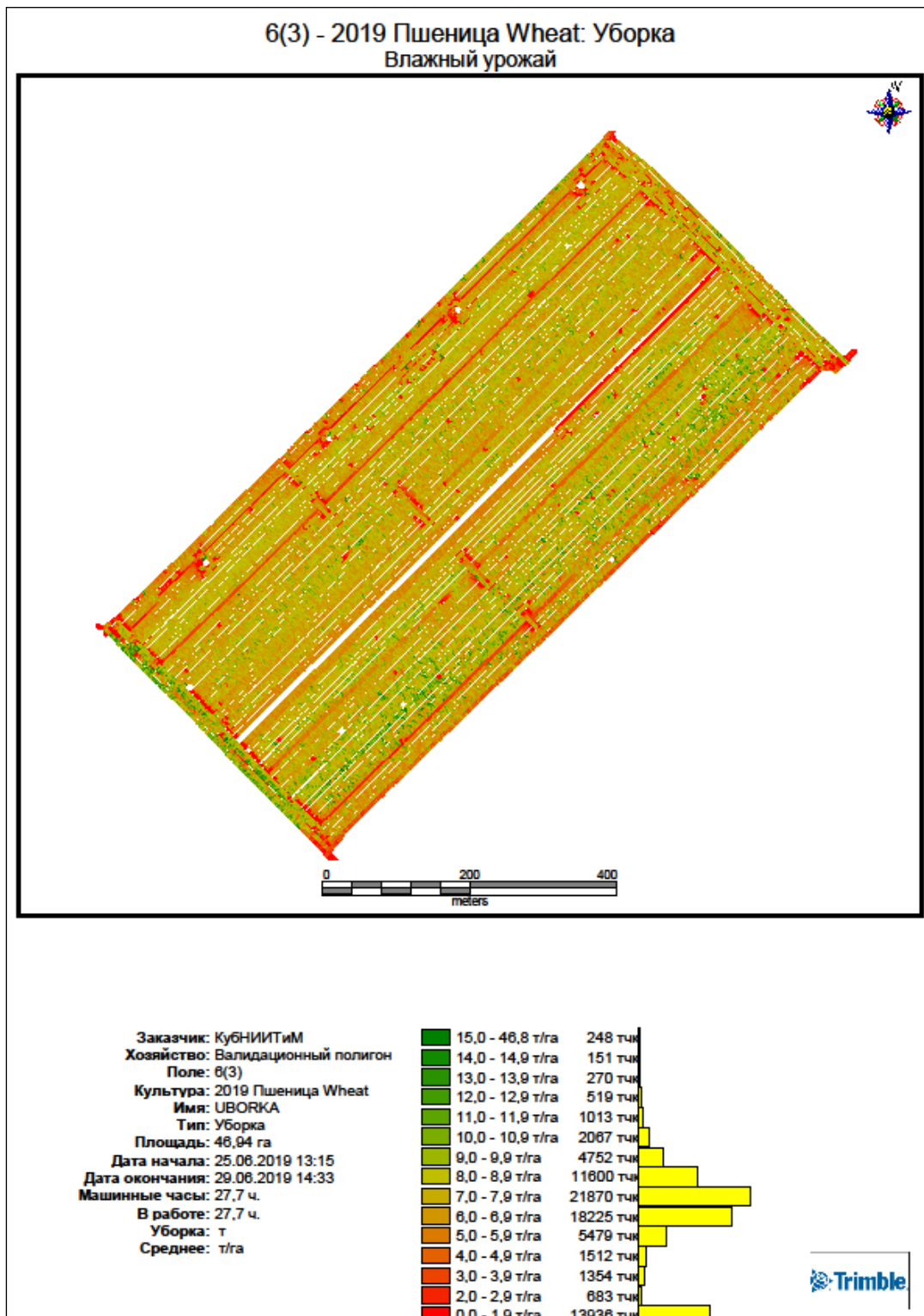


Рисунок 49 – Карта урожайности (первичные данные) озимой пшеницы на поле 6/3

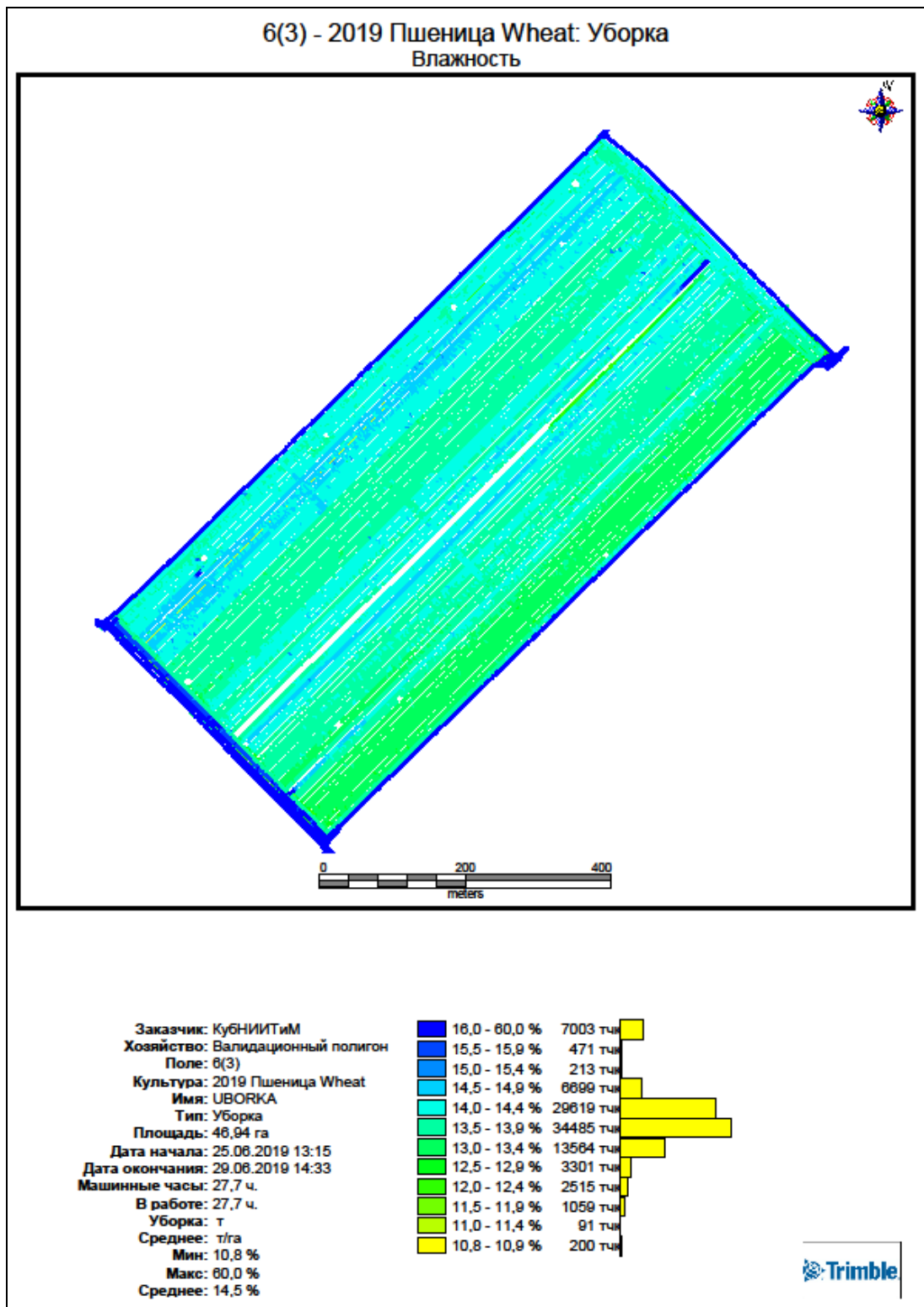


Рисунок 50 – Карта влажности (первичные данные) озимой пшеницы на поле 6/3

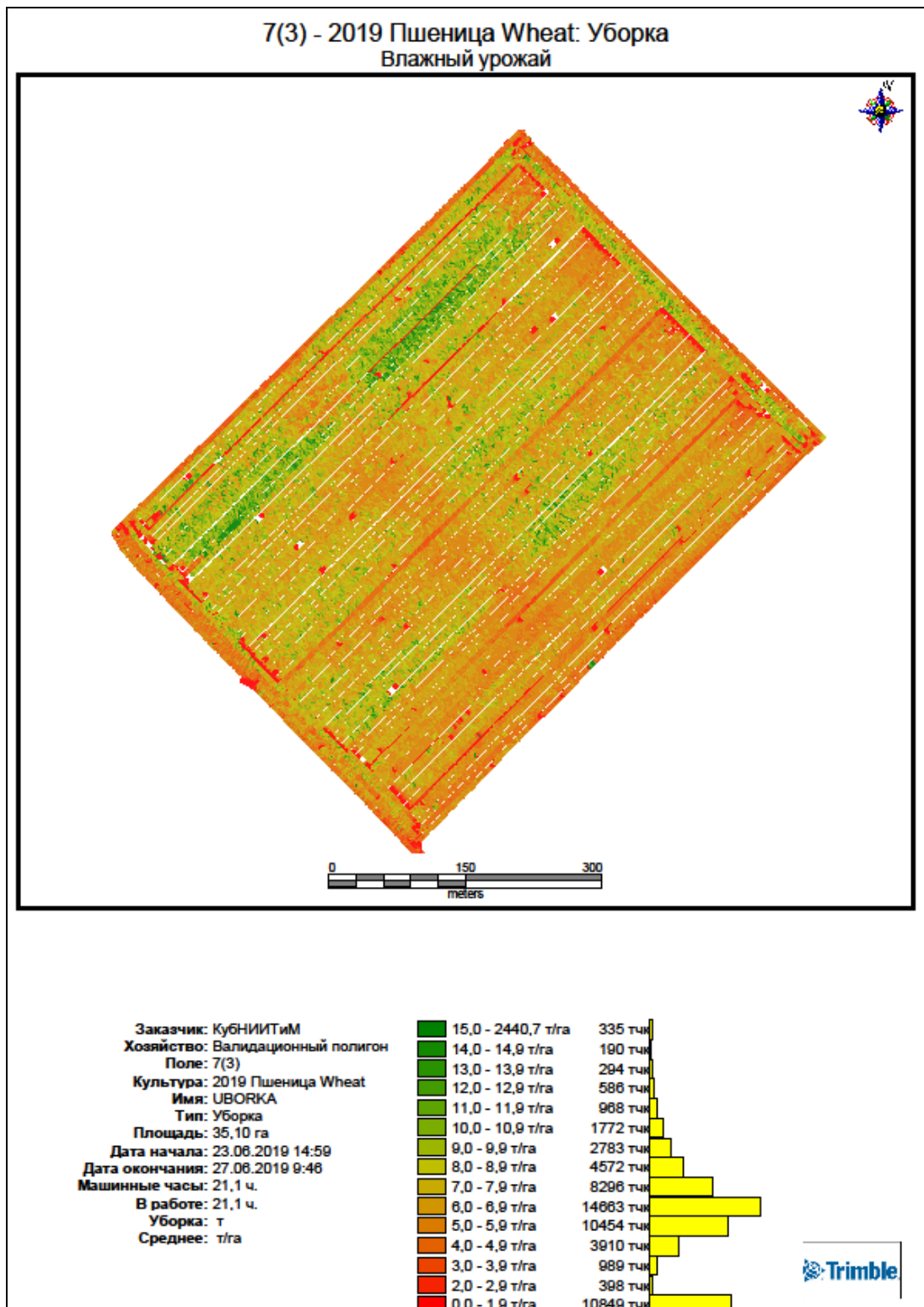


Рисунок 51 – Карта урожайности (первичные данные) озимой пшеницы на поле 7/3

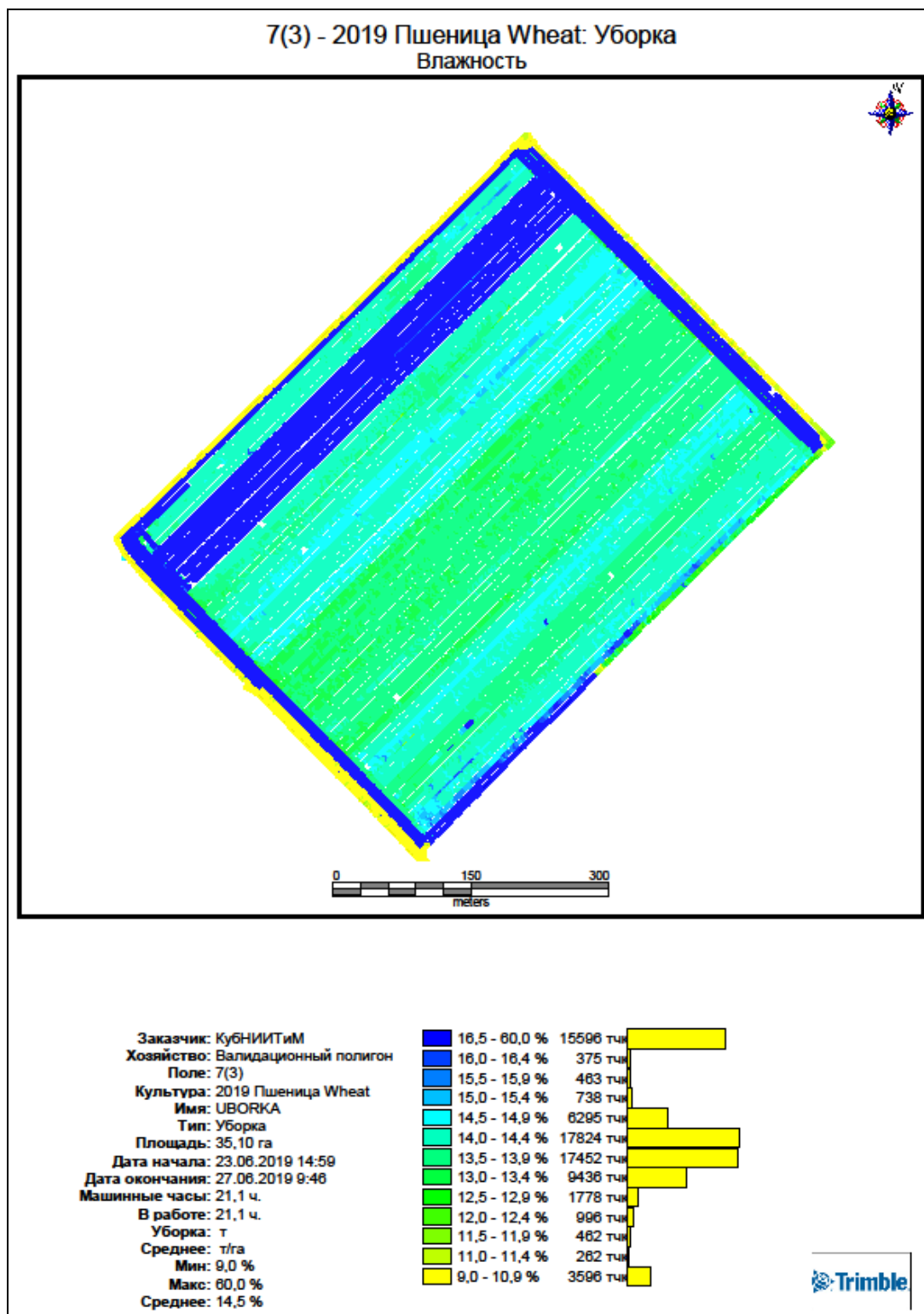


Рисунок 52 – Карта влажности (первичные данные) озимой пшеницы на поле 7/3

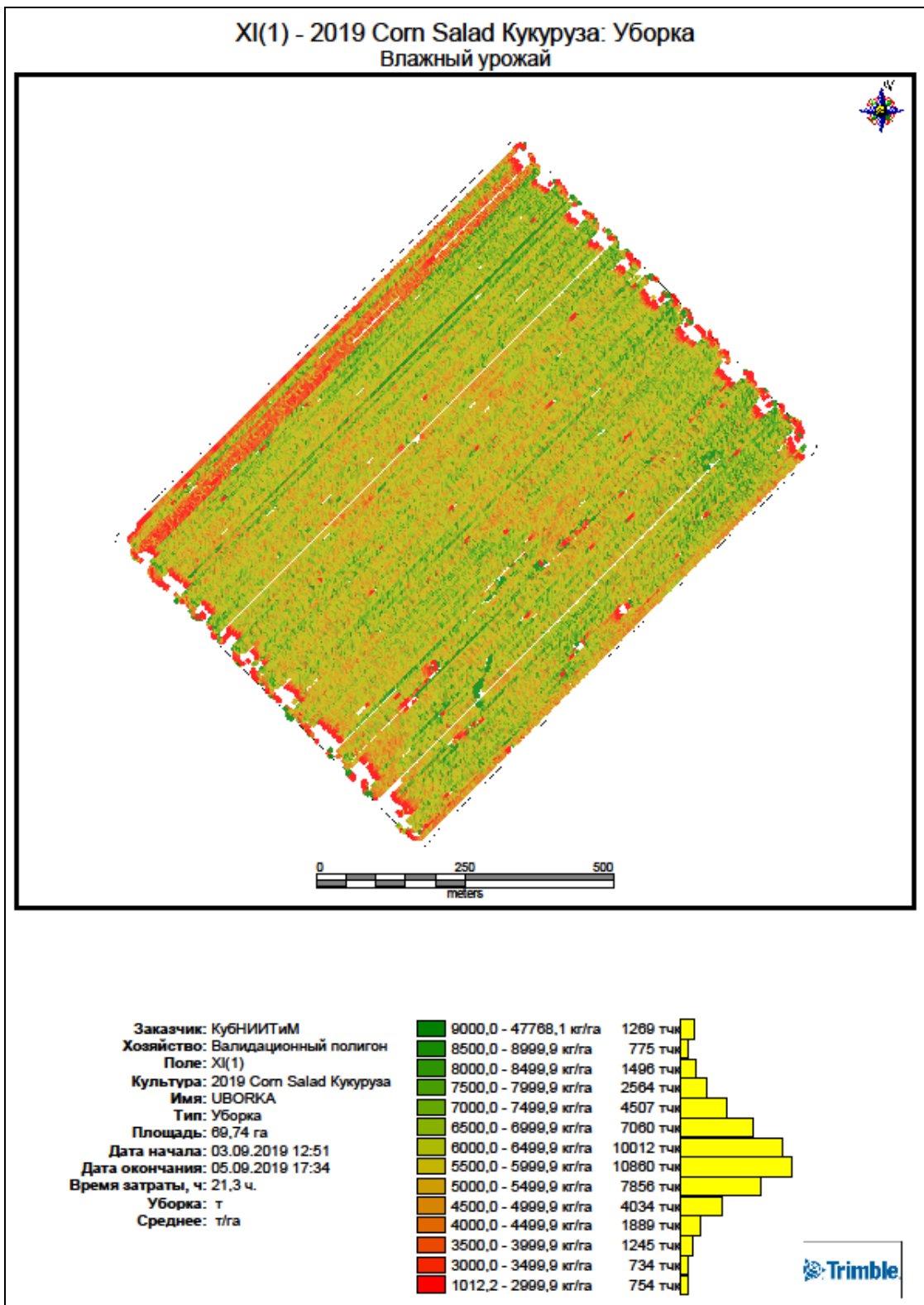


Рисунок 53 – Карта урожайности (первичные данные) кукурузы на зерно на поле 11/1

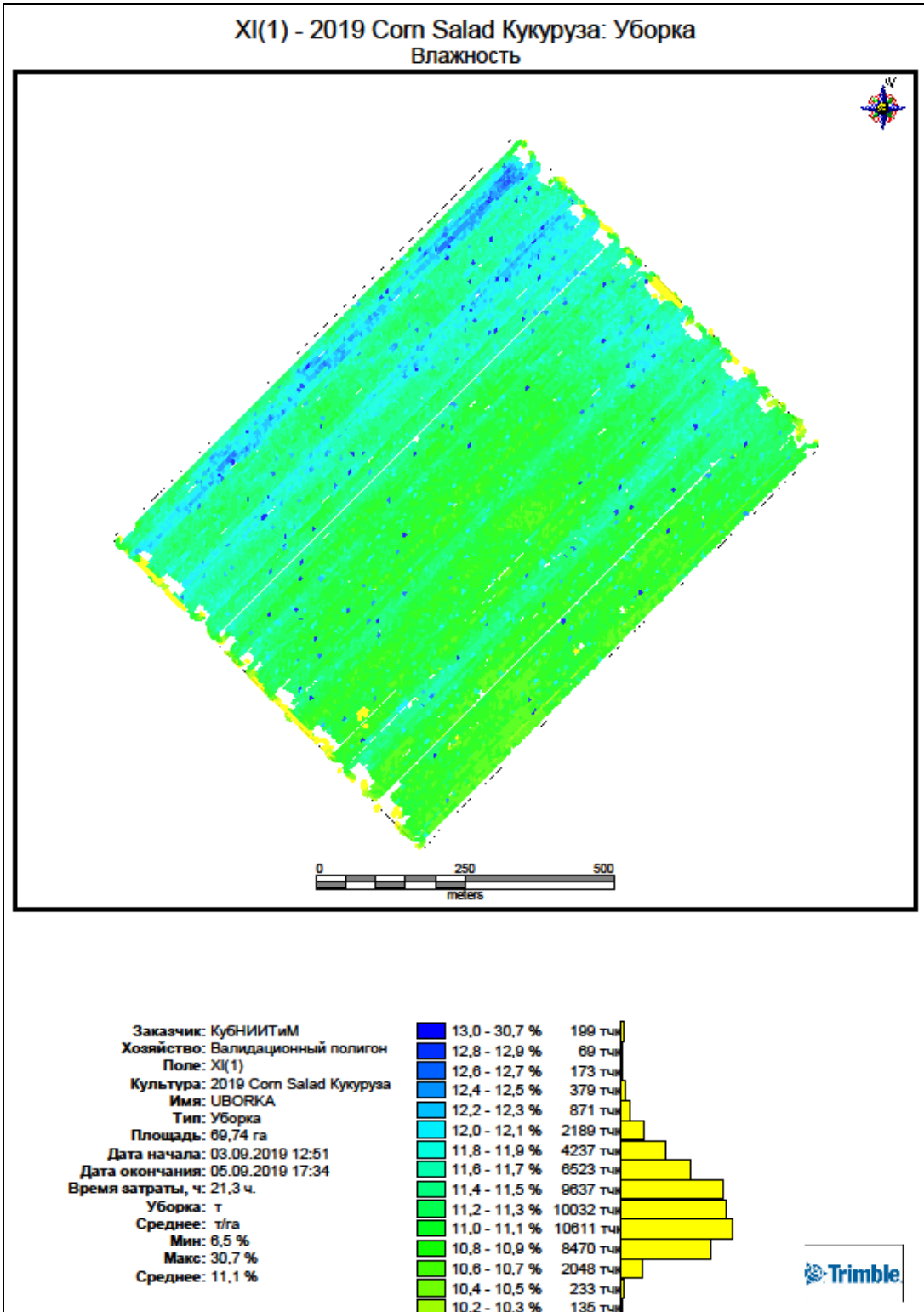


Рисунок 54 – Карта влажности (первичные данные) кукурузы на зерно на поле 11/1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью работы являлось – проведение исследований отзывчивости озимой пшеницы и кукурузы на зерно на дифференцированное внесение гранулированных минеральных удобрений и составление карт урожайности в различных зонах с устойчивой внутрислоевой неоднородностью.

По результатам проведенных исследований в рамках данной научно-исследовательской работы установлено, что:

- на валидационном полигоне КубНИИТиМ преобладающий тип почв – агрочернозем миграционно-мицелярный сверхмощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках, мощность гумусового горизонта составляет 120 см;

- пространственная изменчивость агрохимических показателей почвы в пределах элементарных участков, детальна для создания картографической основы и использования её в технологиях координатного земледелия;

- применение навигационного комплекса «Агронавигатор-Асур-Дозатор» позволило дифференцированно заложить опыты по внесению минеральных удобрений на озимой пшенице и кукурузе на зерно по картам-заданиям содержащим оценочные показатели плодородия, повысить производительность агрегата до 6 % и исключить на данных технологических операциях работу двух сигнальщиков;

- лучшая динамика по фазам развития растений озимой пшеницы и кукурузы на зерно в течение годового цикла отмечена в зонах с высоким уровнем плодородия;

- озимая пшеница по разному отзывается на различные дозы минеральных удобрений в разных зонах карты устойчивой внутрислоевой неоднородности плодородия почв. При увеличении доз до 600 кг/га в зоне низкого плодородия прибавка урожайности составляет – 9 %, а в зоне высокого плодородия – 17 %, при этом дальнейшее увеличение доз удобрений в обеих зонах приводит к значительному снижению урожайности;

- при увеличении дозы внесения удобрений с 50 до 250 кг/га под кукурузу

на зерно прибавка урожайности достигает до 20 ц/га в зоне высокого плодородия и лишь до 2 ц/га в зоне низкого плодородия;

- в зонах с низким уровнем плодородия неэффективно применять увеличенные дозы удобрений, а рекомендуется в этих зонах вносить удобрения с низкими дозами, а часть удобрений перераспределять в зоны с высокими уровнями плодородия;

- максимальный доход от внесения минеральных удобрений под озимую пшеницу – 14,4 тыс. руб./га, получен в зоне с высоким уровнем плодородия при общей дозе – 600 кг/га;

- применение увеличенных доз минеральных удобрений под кукурузу на зерно до 250 кг/га, в зонах с высоким уровнем плодородия, позволяет также достичь высокого дохода до 23,3 тыс. руб./га;

- в зонах с низким уровнем плодородия максимальный доход составил всего лишь 7,1 и 2,0 тыс. руб./га по озимой пшенице и кукурузе на зерно соответственно;

- использование системы автоматического вождения и системы картирования урожайности Trimble на посеве позволило повысить производительность агрегата до 10 %, автоматически удерживать агрегат на заданной прямой линии при движении по гону, а на уборке зерновых культур – получить точные данные об урожайности и влажности зерна, при расхождении между показаниями массы убранного зерна – 1,5 % и влажности зерна – 0,1 %;

- цифровые карты урожайности совместно с картами агрохимического обследования и картами устойчивой внутрислоевой неоднородности полей необходимо использовать для создания наиболее точных карт-заданий для дифференцированного внесения гранулированных минеральных удобрений.

С целью дальнейшего освоения и внедрения технологий координатного земледелия данную работу необходимо продолжить для оценки точности вождения сельскохозяйственных агрегатов и обоснования эффективности применения системы автопилотирования при посеве и в междурядных обработках пропашных культур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Постановление Правительства РФ от 25.08.2017 № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы» – Собрание законодательства РФ. – 2017.– Ст. 5421.

2. Пояснительная записка к предложению о реализации нового направления программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: [https://iotas.ru/files/documents/Пояснит. записка%20eAGRO%20fin%20000.pdf](https://iotas.ru/files/documents/Пояснит.записка%20eAGRO%20fin%20000.pdf) (дата обращения: 10.01.2019).

3. Федоренко В.Ф. Цифровизация сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. 2018. № 6. С. 2-8.

4. Результаты исследований влияния зон плодородия на урожайность озимой пшеницы в технологиях координатного земледелия : отчет о НИР / Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех»; Федоренко В.Ф., Дробин Г.В., Петухов Д.А., Трубников А.В., Бондаренко Е.В., Белик М.А., Свиридова С.А., Марченко В.О. [и др.]. Новокубанск, 2017. 116 с.

5. Щеголихина Т.А., Гольцяпин В.Я. Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия: науч.-аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 80 с.

6. Semizorov S.A. and Petukhov D.A. Technology of differentiated application of nitrogen fertilizers according to the map of steady intra-field heterogeneity of soil fertility / S.A. Semizorov and D.A. Petukhov // ABSTRACT BOOK: International Workshop «Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering» - «MIP: Engineering-2019»: within the framework of XXIV International Scientific and Research Open Conference «Modern Informatization Problems» (Yelm, WA, USA). – Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Science & Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. – С. 86.

7. Alexey D. Rukhovich, Ekaterina V. Vilchevskaya, Natalia V. Kalinina, Dmitry A. Petukhov, Dr. Dmitry I. Rukhovich Comparative Analysis of the in-

formativeness of the vegetation indices and measurements of crop yields in the system of precision farming / 19 International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. – Albena, Bulgaria. 2019. – С. 501-508.

8. Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Петухов Д.А., Трубников А.В., Семизоров С.А. Технология точного земледелия: дифференцированное внесение удобрений с учетом внутриполевой неоднородности почвенно-земельного покрова / В.Ф. Федоренко, Н.П. Мишуров, Д.А. Петухов, А.В. Трубников, С.А. Семизоров // Техника и оборудование для села – № 2-2019. – С. 2-8.

9. ГОСТ Р 56084-2014 Глобальная навигационная спутниковая система. Система навигационно-информационного обеспечения координатного земледелия. Термины и определения – М.: Стандартинформ, 2014. – 7 с.

10. Precision Farming with Big Data Analytics [Электронный ресурс]. URL: <https://www.intel.co.uk/content/www/uk/en/it-management/cloud-analytic-hub/big-data-helps-farmers.html> (дата обращения: 01.10.2019).

11. Satellite Big Data: How It Is Changing the Face of Precision Farming [Электронный ресурс]. URL: <http://www.farmmanagement.pro/satellite-big-data-how-it-is-changing-the-face-of-precision-farming> (дата обращения: 04.10.2019).

12. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M. J. Big Data in Smart Farming – A review // Agricultural Systems. 2017. V.153. P. 69-80. doi:10.1016/j.agry.2017.01.023.

13. Cox M., Ellsworth D. Application-controlled demand paging for out-of-core visualization // Proceedings of the 8th conference on Visualization '97 (VIS '97). 1997. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, P. 235-244.

14. Kamilaris A., Kartakoullis A., Prenafeta-Boldú F. X. A review on the practice of big data analysis in agriculture // Computers and Electronics in Agriculture. 2017. V.143. P. 23-37. doi:10.1016/j.compag.2017.09.037.

15. Lokers R., Knapen R., Janssen S., van Randen Y., Jansen J. Analysis of Big Data technologies for use in agro-environmental science // Environmental

Modelling and Software. 2016. V.84. P. 494-504. doi:10.1016/j.envsoft.2016.07.017.

16. Pedersen S.M., Lind K.M. Precision Agriculture – From Mapping to Site-Specific Application / Pedersen S., Lind K. (eds) Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives. Progress in Precision Agriculture. Springer, Cham. 2017. P. 1-20.

17. Azabdaftari A., Sunar F. Soil salinity mapping using multitemporal Landsat data // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, V. XLI-B7, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12-19 July 2016, Prague, Czech Republic.

18. Gallo B.C., Demattê J.A.M., Rizzo R., Safanelli J.L., Mendes W. de S., Lepsch I.F., Sato M.V., Romero D.J., Lacerda M.P.C. Multi-Temporal Satellite Images on Topsoil Attribute Quantification and the Relationship with Soil Classes and Geology // Remote Sensing. 2018. V. 10. Iss 10. P 1571.

19. Huang Y., Chen Z.-X., Yu T., Huang X.-Z., Gu X.-F. Agricultural remote sensing big data: Management and applications // Journal of Integrative Agriculture. 2018. V. 17(9). P. 1915-1931. doi:10.1016/S2095-3119(17)61859-8.

20. Koroleva P.V., Rukhovich D.I., Suleiman G.A., Shapovalov D.A., Kulyanitsa A.L. Evaluation of agricultural land exploitation intensity based on big data // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018, www.sgem.org, SGEM2018 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7408-41-6 / ISSN 1314-2704, 2-8 July, 2018, Vol. 18, Issue 2.3, P. 361-368, DOI: 10.5593/sgem2018/2.3.

21. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. Учебное пособие / В. И. Балабанов и др. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2013. – 147 с.

22. Картирование урожайности / Е. В. Труфляк. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 13 с.

23. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ

«Росинформагротех», 2003 – 240 с.

24. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор Проб. М.: Стандартиформ, 2008. - 6 с.

25. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 7 с.

26. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. М.: Изд-во стандартов, 1986. – 7 с.

27. ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 5 с.

28. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1992. – 8 с.

29. ГОСТ 26490-85 Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 4 с.

30. Петухов Д.А., Таркинский В.Е., Иванов А.Б. Мишуров Н.П., Результаты применения программно-приборного обеспечения при создании электронных карт полей в технологиях координатного земледелия / Д.А. Петухов, В.Е. Таркинский, А.Б. Иванов, Н.П. Мишуров // Техника и оборудование для села – № 9-2019. – С. 16-20.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное)

Карты-схемы производственного опыта по дифференцированному внесению минеральных удобрений под посев озимой пшеницы и на весенних подкормках согласно карт-заданий

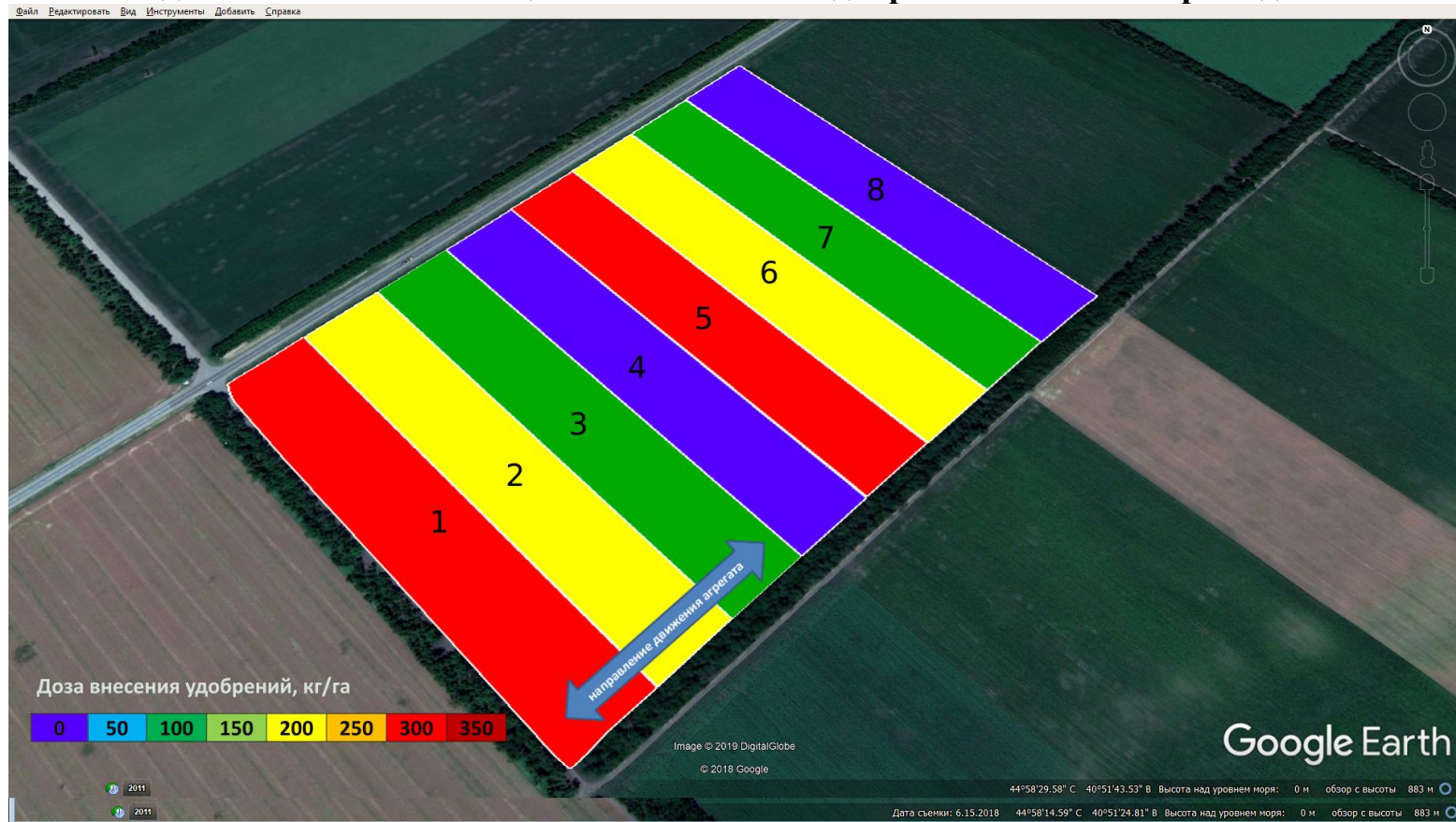


Рисунок А.1 – Основное дифференцированное внесение диаммофоски под посев озимой пшеницы (поле 7/3, предшественник кукуруза на зерно, 31 га)

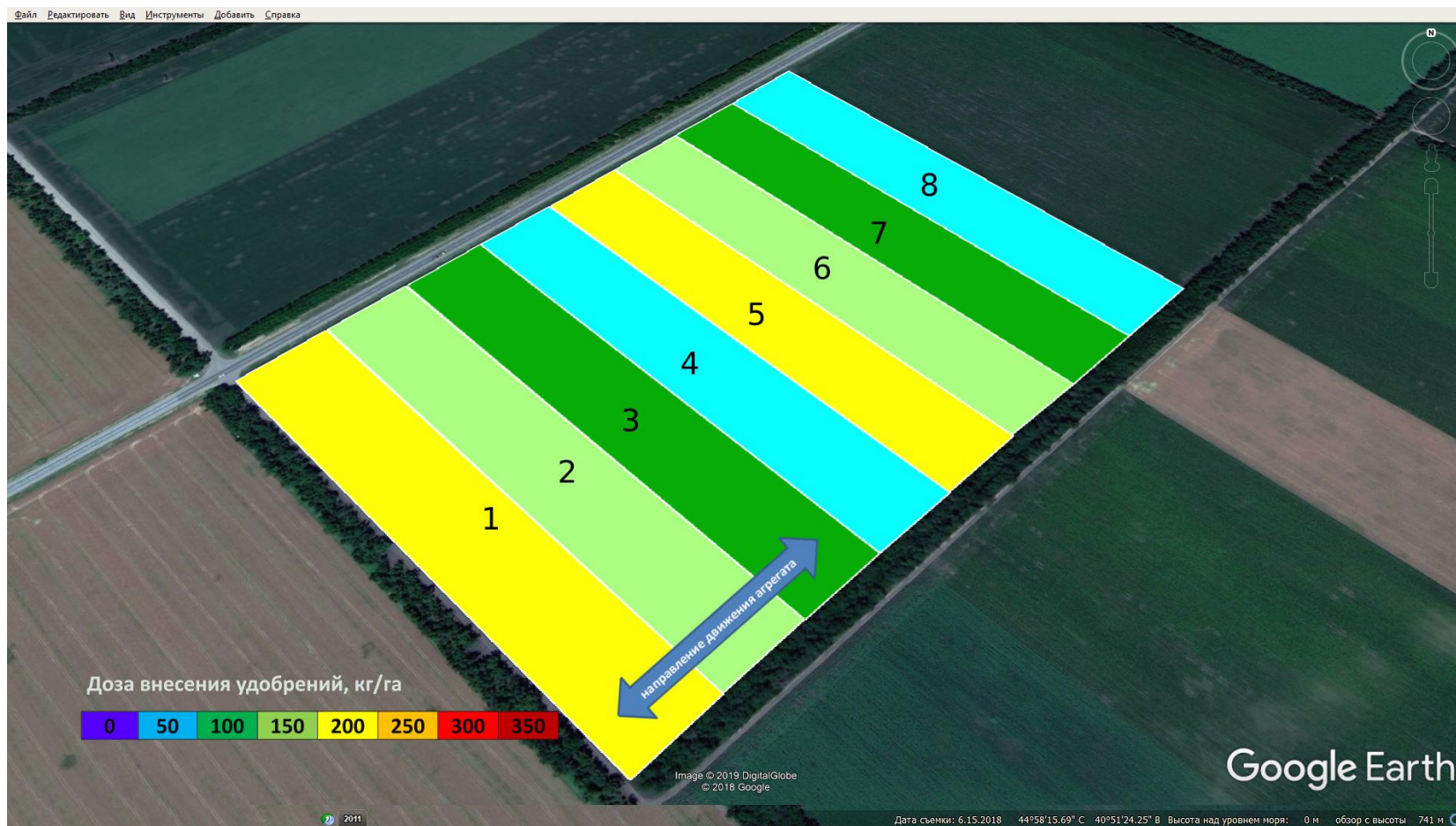


Рисунок А.2 – Первая дифференцированная подкормка озимой пшеницы аммиачной селитрой (поле 7/3, предшественник кукуруза на зерно, 31 га)



Рисунок А.3 – Вторая дифференцированная подкормка озимой пшеницы аммиачной селитрой (поле 7/3, предшественник кукуруза на зерно, 31 га)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное)

Карты-схемы производственного опыта по дифференцированным подкормкам озимой пшеницы согласно карт-заданий



* – основное внесение удобрений под посев озимой пшеницы на всех участках поля – диаммофоска, 200 кг/га

Рисунок Б.1 – Первая дифференцированная подкормка озимой пшеницы аммиачной селитрой (поле 6/3, предшественник соя, 43 га)



Рисунок Б.2 – Вторая дифференцированная подкормка озимой пшеницы аммиачной селитрой (поле 6/3, предшественник соя, 43 га)

ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное)

Карты-схемы производственного опыта по дифференцированному внесению минеральных удобрений под посев кукурузы на зерно согласно карт-заданий



Рисунок В.1 – Схема дифференцированного внесения аммиачной селитры на поле 11/1 (72 га, предшественник озимая пшеница)

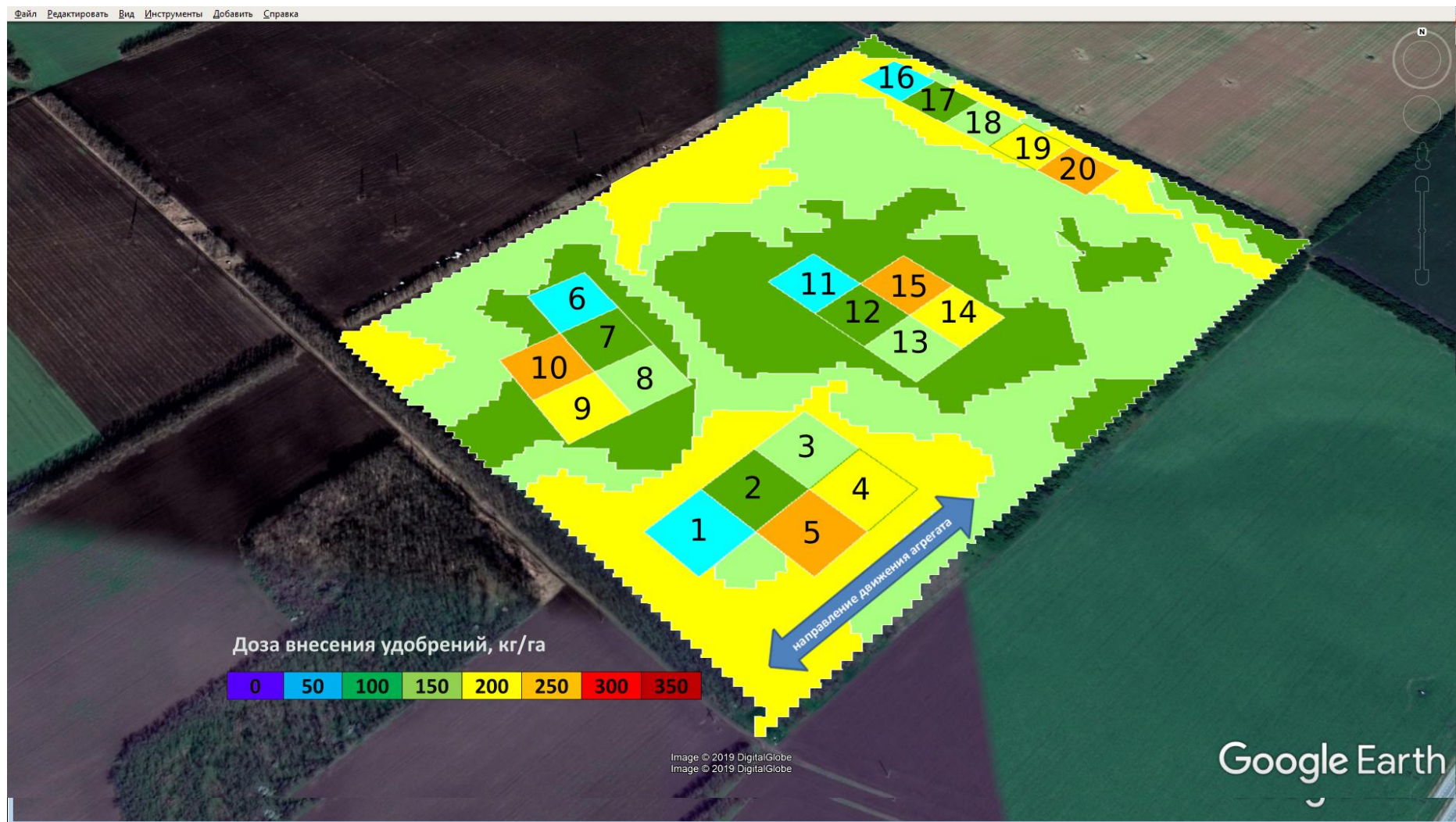


Рисунок В.2 – Схема дифференцированного внесения аммиачной селитры на поле 12/1 (69 га, предшественник озимая пшеница)

ПРИЛОЖЕНИЕ Г (справочное)

Карты-схемы с точками фенологических наблюдений за ростом и развитием растений
на опытных полях в различных зонах почвенного плодородия

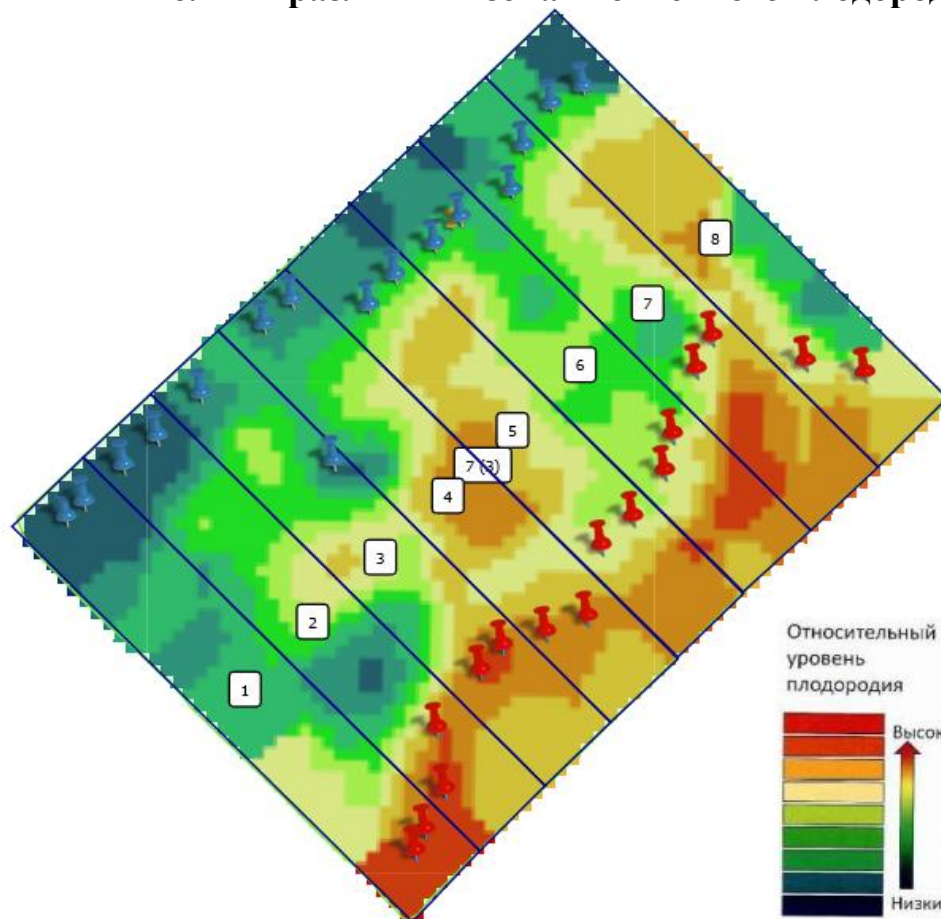


Рисунок Г.1 – Опытное поле озимой пшеницы 7/3, предшественник – кукуруза на зерно, 31 га

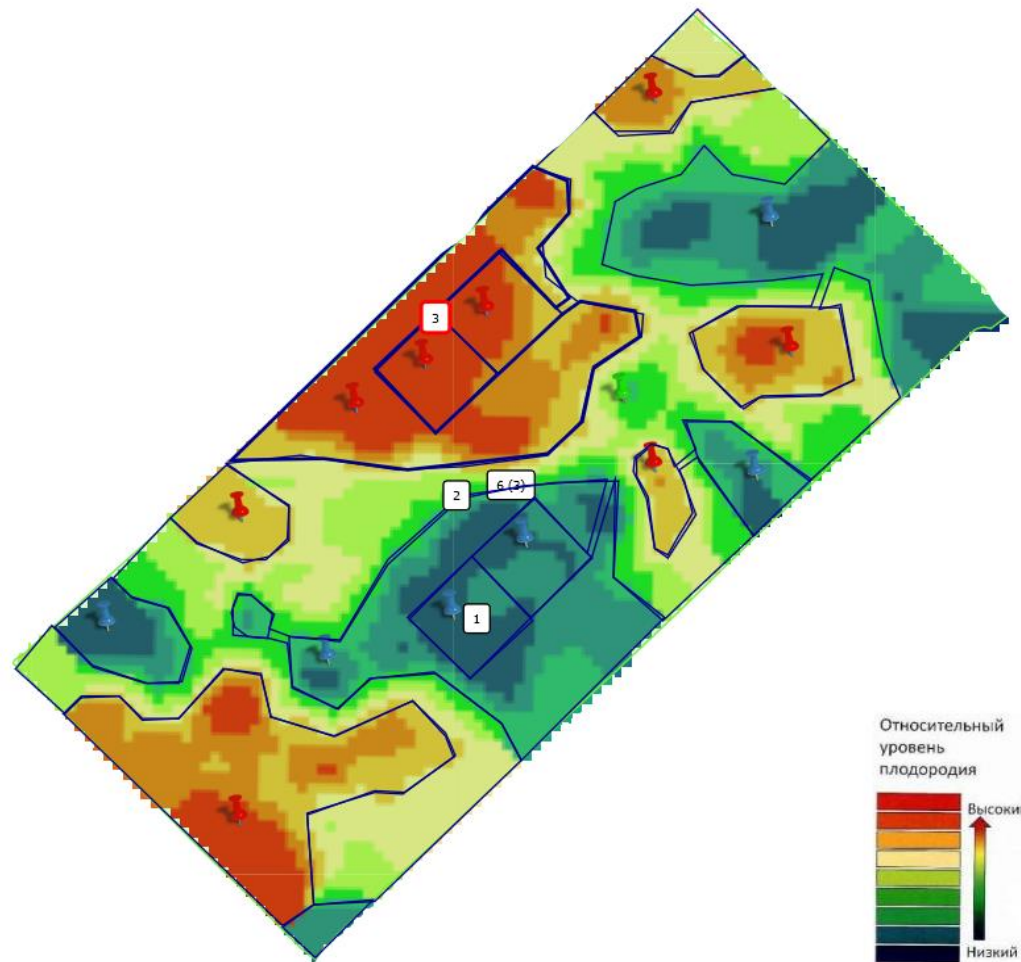


Рисунок Г.2 – Опытное поле озимой пшеницы 6/3, предшественник – соя, 43 га

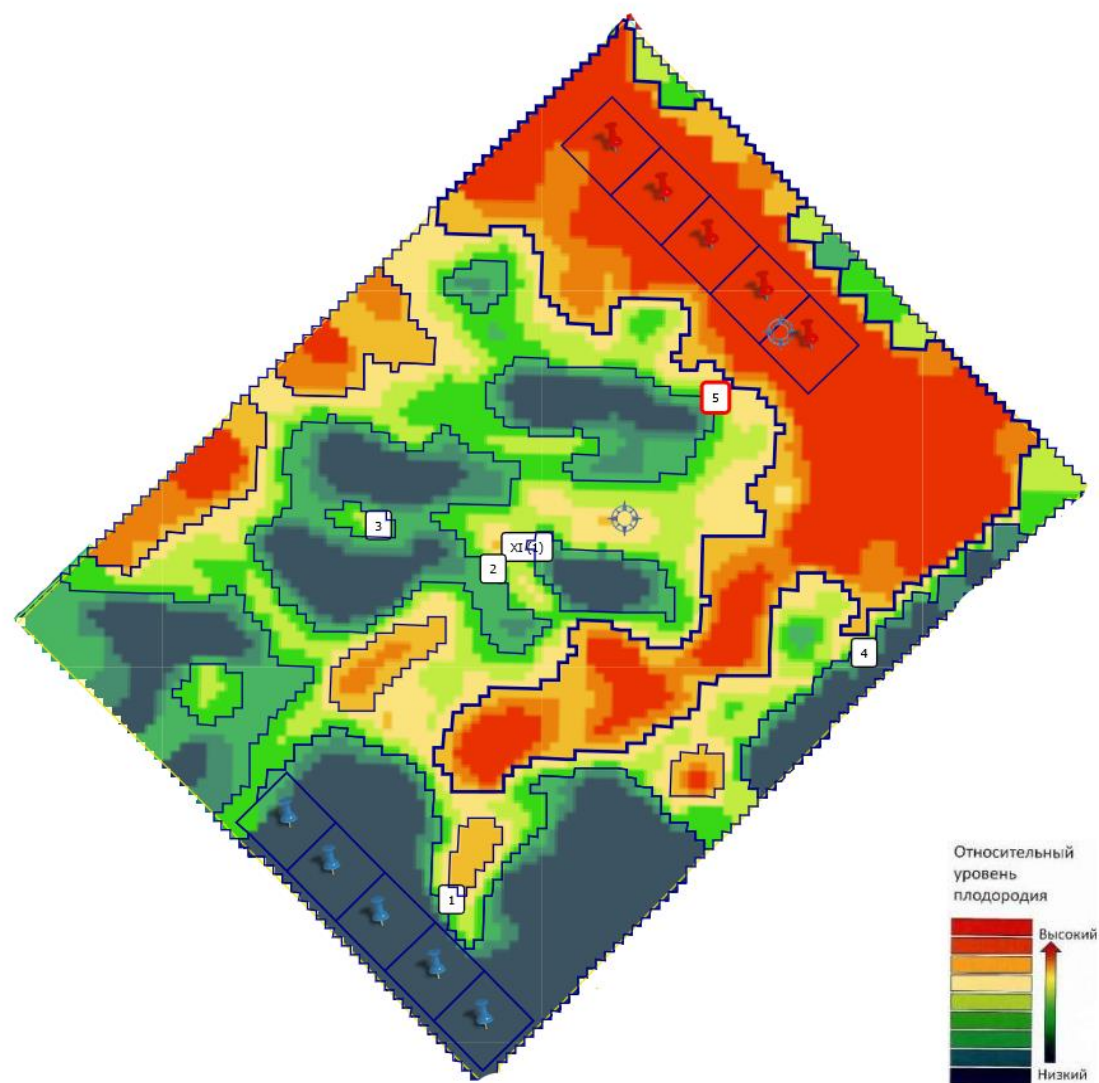


Рисунок Г.3 – Опытное поле кукурузы на зерно 11/1, предшественник – озимая пшеница, 72 га

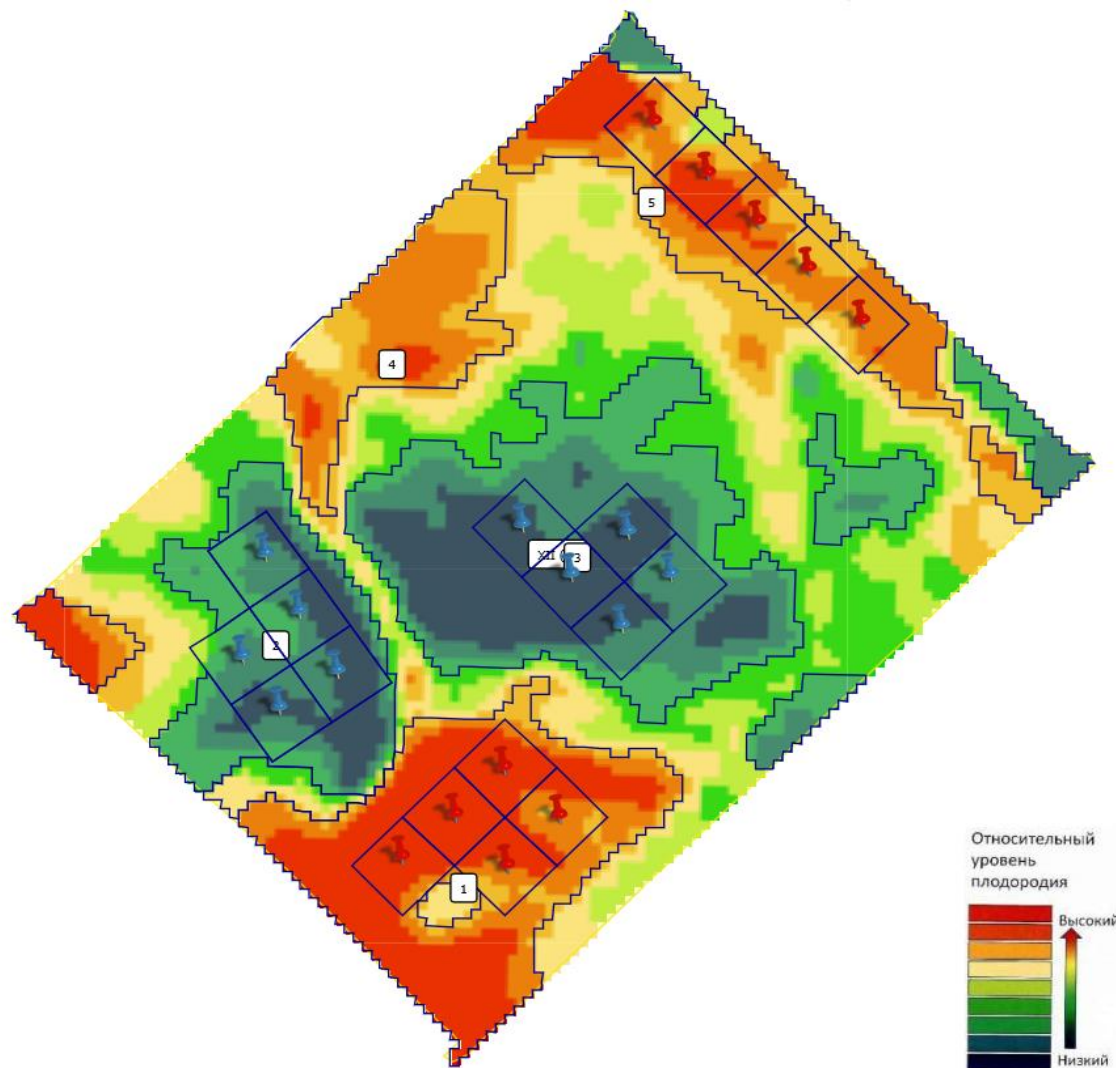


Рисунок Г.4 – Опытное поле кукурузы на зерно 12/1, предшественник – озимая пшеница, 69 га