

АГРОНОМИЯ**AGRONOMY**

Научная статья

УДК 631.58:633.11(571.150)

EDN XASJKV

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-5-16>

**Оптимизация карт-заданий точного земледелия
при выращивании яровой пшеницы в условиях Алтайского края**

**Владимир Иванович Беляев¹, Виктор Викторович Садов²,
Андрей Алексеевич Смышляев³, Евгения Дмитриевна Кошелева⁴**

^{1, 2, 3, 4} Алтайский государственный аграрный университет

Алтайский край, Барнаул, Россия

¹ prof-belyaev@ya.ru, ² sadov.80@mail.ru,

³ an_smish_asau@mail.ru, ⁴ jten@yandex.ru

Аннотация. Начиная с 80-х годов прошлого века в странах с развитым сельским хозяйством точное земледелие поддерживается государственными программами и частными компаниями, а в странах СНГ в настоящее время технология проходит этапы становления. Российская ИТ-компания «Агронавт» в 2022 г. на опытном поле площадью 441,93 га ООО «Чарышское» Усть-Калманского района Алтайского края провела оценку земель на степень плодородия по ASF-индексу поверхности и подготовила карты-задания на посев яровой пшеницы сорта «Буран» и внесение минеральных удобрений. Целью данного исследования является определение путем эксперимента для зон плодородия опытного поля наилучших норм посева яровой пшеницы и доз внесения аммиачной селитры, опираясь на критерий удельной прибыли. В полевом опыте предусматривались 9 сочетаний норм семян и доз удобрений для каждой из трех зон плодородия – всего 27 вариантов. В течение вегетационного периода производились замеры влажности почвы, определялась глубина заделки семян, выполнялся счет количества всходов, оценивалась кустистость посевов, отслеживалась динамика роста растений и изменение запасов влаги в метровом слое. Анализировалась структура урожая пшеницы и качество выращенного зерна при помощи статистических методов и методов сравнительного анализа. В результате эксперимента было установлено, что максимальная удельная прибыль достигается при применении максимальной дозы аммиачной селитры (120 кг/га) для любой зоны плодородия и при максимальной норме высева семян для зон низкого и высокого плодородия (171 кг/га), и средней нормы (152 кг/га) – для зоны среднего плодородия. Таким образом, опровергнута гипотеза о том, что менее плодородная почва требует при возделывании пшеницы меньших норм семян и доз удобрений. По результатам опытов для хозяйства на 2023 г. предложены уточненные карты-задания на дифференцированный посев и внесение удобрений.

Ключевые слова: яровая пшеница, точное земледелие, зона плодородия, дифференцированный посев, дифференцированное внесение удобрений

Финансирование: работа выполнена за счет средств федерального бюджета в рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства России (номер государственной регистрации темы 1023032000002–5–4.1.1).

Для цитирования: Беляев В. И., Садов В. В., Смышляев А. А., Кошелева Е. Д. Оптимизация карт-заданий точного земледелия при выращивании яровой пшеницы в условиях Алтайского края // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 5–16. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-5-16>.

Optimization of precision farming task maps for growing spring wheat in Altai krai

Vladimir I. Belyaev¹, Viktor V. Sadov²,
Andrey A. Smyshlyaev³, Evgeniya D. Kosheleva⁴

^{1, 2, 3, 4} Altai State Agrarian University, Altai krai, Barnaul, Russian Federation

¹ prof-belyaev@ya.ru, ² sadov.80@mail.ru,

³ an_smish_asau@mail.ru, ⁴ jten@yandex.ru

Abstract. Since the 80s of the last century, in countries with developed agriculture, precision farming has been carried out by government programs and private companies, and the technology is currently in its infancy in the CIS countries. In 2022, the Russian IT company "Agronout" assessed the land according to the degree of fertility according to ASF surface index and drew up a task map for spring wheat variety "Buran" sowing and mineral fertilizer application. The assessed land was an area of 441.93 hectares on an experimental field of LLC "Charyshskoe" in Ust-Kalman district, Altai krai. The purpose of this study was to determine experimentally the best sowing rates for spring wheat and the doses of ammonium nitrate, based on the criterion of specific profit for the fertility zones of the experimental field. The field experiment included 9 combinations of seed rates and fertilizer doses for each of the three fertility zones – a total of 27 options. During the growing season, soil moisture measurements were taken, the depth of seed placement was determined, the number of seedlings was counted, the bushiness of crops was assessed, the dynamics of plant growth and changes in moisture reserves in the meter layer were monitored. The structure of the wheat harvest and the quality of grown grain were analyzed using statistical methods and comparative analysis methods. As a result of the experiment, it was found that the maximum specific profit is achieved when using a maximum dose of ammonium nitrate of 120 kg/ha for any fertility zone and at a maximum seed sowing rate for zones of low and high fertility (171 kg/ha), and an average rate (152 kg/ha) – for a zone of average fertility. Thus, the hypothesis that less fertile soil required lower rates of seeds and doses of fertilizers when cultivating wheat was refuted. Based on the results of the experiments, updated task maps for differentiated sowing and fertilization were proposed for the farm for 2023.

Funding: the work was carried out at the expense of the federal budget within the framework of the state assignment of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation (state registration number of the topic 1023032000002–5–4.1.1).

Keywords: spring wheat, precision farming, fertility zone, differentiated sowing, differentiated fertilization

For citation: Belyaev V. I., Sadov V. V., Smyshlyaev A. A., Kosheleva E. D. Optimization of precision farming task maps for growing spring wheat in Altai krai. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2024;18;3:5–16. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-5-16>.

Введение. Традиционное сельское хозяйство, невзирая на существующую изменчивость характеристик почвы и урожайности в пределах поля, обрабатывает сельскохозяйственные площади как однородные поверхности. Единообразное применение средств подкормки, фунгицидов, гербицидов, инсектицидов и воды для орошения в пределах поля приводит к нерациональному использованию ресурсов.

Точное земледелие – это земледелие с гибким управлением технологиями вы-

ращивания сельскохозяйственных культур и ресурсами фермерских хозяйств в целях получения максимального урожая наилучшего качества [1]. Такое земледелие предполагает внесение разных норм семян, удобрений, гербицидов и других веществ в выделенные зоны поля, однородные по своим характеристикам.

Данный вид земледелия возникает в первой половине XX в. в США, когда ученые Иллинойского университета рекомендовали фермерам составлять для по-

лей карты изменений кислотности почвы и стандартизировать дозы вносимой извести в пределах выделенных зон [2].

Первое устройство для дифференцированного внесения удобрений было запатентовано Е. W. Ortlip в США в 1986 г. [3]. Оно состояло из транспортного средства, бункеров, прибора дозирования и подачи удобрения, компьютеризированной системы управления с цифровой картой поля с различными типами почв, а также регистратора местоположения транспортного средства. Процесс работы состоял из следующих пяти этапов: получение аэрофотоснимка поля; создание цифровой карты почвы; тестирование различных типов почвы в поле на предмет потребности в удобрениях; назначение доз удобрения в зависимости от типа почвы и ввод информации в систему управления. Затем осуществлялся собственно процесс удобрения земель по данной технологии.

Начиная с 80-х годов XX века, точное земледелие привлекает все больше внимания в мире. В странах с развитым земледелием существуют государственные программы по развитию технологий точного земледелия. Этой технологией в США занимаются частные компании (AgJunction, Inc; Ag Leader Technology; CropMetrics LLC), а также государство посредством реализации своих программ в области продовольственной и сельскохозяйственной киберинформатики. В сфере сельского хозяйства Германии технология используется в 14 цифровых инновационных парках, у которых координаторами выступают университеты страны, научные организации и муниципальные образования. В КНР с 2015 г. реализовался региональный pilotный проект в сельском хозяйстве на основе Internet of Things (IoT), осуществляющий передачу данных между физическими объектами («вещами»). В Японии с 2014 г. действует стратегическая инновационная программа продвижения (SIP) нового поколения сельского хозяйства, лесного хозяйства и рыболовства [4].

Практически каждая страна в той или иной мере в настоящее время занимается вопросами точного земледелия. Интересен опыт практического внедрение системы автоматизированного управления и точного земледелия «Этфарм» в

Сербской Республике [5]. В странах СНГ данная технология проходит этапы становления [6–8].

По данным ряда исследователей, в Российской Федерации технологии точного земледелия стали применяться как минимум на десять лет позже, чем за рубежом [4]. Глобальный инновационный индекс 2022 г. Российской Федерации равен 34,3 (при максимальном значении у Швейцарии 64,7). Среди 132 экономик стран Россия занимает 47 место по инновациям, соседствуя с Грецией, Словакией, Вьетнамом, Румынией, Саудовской Аравией, Катаром [9].

В научной литературе уделяется достаточно много внимания актуальным вопросам внедрения и освоения точного земледелия в нашей стране [10–12]. Некоммерческое партнерство «Национальное движение сберегающего земледелия», аккумулирующее и распространяющее знания по технологиям защиты почв и сбережения ресурсов, приводит цифры Минсельхоза о том, что внедрение технологий цифровой экономики позволяет снизить затраты не менее чем на 23 % [13].

Цель исследования состоит в определении опытным путем наилучших норм высева семян яровой пшеницы и доз внесения аммиачной селитры для зон плодородия опытного поля, опираясь на критерий удельной прибыли.

Объектом исследования являлись количественные и качественные показатели урожая зерна по сравниваемым вариантам внесения удобрений и посевных норм на опытных делянках поля ООО «Чарышское» Усть-Калманского района Алтайского края.

Материалы и методы исследования. В цифровом пространстве России ИТ-компания «Агронавт» с 2017 г. разрабатывает и совершенствует технологию составления карт внутри полевой неоднородности в разных регионах страны по данным ретроспективного мониторинга и составляет карты-задания на дифференцированное внесение семян и удобрений. Компанией по этой технологии подготовлены карты-задания на площади, превышающей 300 тыс. га, в России и Казахстане. С 2020 г. «Агронавт» разрабатывает программный комплекс для подбора спутниковых снимков и генерации

карт-заданий в цифровом земледелии на основе технологий компьютерного зрения с использованием нейронных сетей (True Fields) [14].

В 2022 г. данная компания перед началом посевых работ выполнила заказ для опытного поля площадью 441,93 га в ООО «Чарышское» Усть-Калманского района Алтайского края (рис. 1, а) на составление карт на посев яровой пшеницы (рис. 1, б) и на внесение аммиачной селитры (рис. 1, в).

Зоны неоднородности урожайности были определены по ASF-индексу (Agronote Soil Fertility index) с использованием спутниковых снимков за 38 лет. ASF-индекс является разновидностью вегетационных индексов, получаемых в результате манипуляций с разными спектрами космических снимков. В отличии от наиболее известного вегетационного индекса NDVI, показывающего состояние растительности на конкретном снимке за какую-либо дату, ASF-индекс является разновидностью среднемноголетнего вегетационного индекса за длительный период наблюдений.

При расчете норм посева и внесения удобрений компания «Агроноут» опиралась на собственную базу данных о региональных показателях выращивания яровой пшеницы со средней нормой посева семян 160 кг/га и средней дозой внесения аммиачной селитры 100 кг/га (табл.1).

При этом для зоны низкого плодородия было рекомендовано уменьшение нормы семян на 10 % от среднего значения, а при внесении аммиачной селитры рекомендованные дозы для зоны высокого и низкого плодородия отличались от среднего значения на плюс (минус) 20 %.

Анализируя выданные рекомендации, становится понятно, что компания «Агроноут» руководствовалась гипотезой, что для зон меньшего плодородия следует использовать меньшие нормы посева и дозы удобрений, а для зоны максимального плодородия – максимальные. Заявленные компанией критерии эффективности включали в себя экономию посевного материала и незначительное увеличение затрат на удобрения. В связи с этим возникла необходимость проверить опытным путем эффективность предложенных вариантов, доведя расчет эффективности до оценки удельной прибыли.

Сравнивая карты-задания, выданные компанией «Агроноут», можно обнаружить, что зона 2 посева пшеницы разбивается на две зоны при внесении удобрений. Поэтому при планировании опытов в целях уточнения норм посева и доз внесения удобрений для получения максимальной прибыли использовалась карта-задание 2 с тремя зонами плодородия: зона 1 – низкого, зона 2 – среднего и зона 3 – высокого плодородия (рис. 2). При этом за средние значения были приняты норма посева се-



Таблица 1 – Задание на посев семян пшеницы и внесение аммиачной селитры, разработанное фирмой «Агронут», 2022 г.

Table 1 – Task for wheat seed sowing and ammonium nitrate applying, developed by "Agronout" company, 2022

| Зоны | Площадь | | Норма/доза | | Эффективность | | | |
|--|-----------|---------|--------------|---------|-----------------|--------|--------------|--------|
| | всего, га | доля, % | всего, кг/га | доля, % | потребность, кг | | экономия, кг | |
| | | | | | зоны | поле | | |
| <i>Рабочее задание 1 на посев семян яровой пшеницы при средней норме 160 кг/га</i> | | | | | | | | |
| ■ | Зона 1 | 139,31 | 33,82 | 144 | 90 | 20 061 | 63 680 | 65 909 |
| ■ | Зона 2 | 272,62 | 66,18 | 160 | 100 | 43 619 | | 2 229 |
| <i>Рабочее задание 2 на внесение аммиачной селитры при средней дозе 100 кг/га</i> | | | | | | | | |
| ■ | Зона 1 | 139,31 | 33,82 | 80 | 80 | 11 145 | 41 287 | 41 193 |
| ■ | Зона 2 | 128,65 | 31,23 | 100 | 100 | 12 865 | | |
| ■ | Зона 3 | 143,98 | 34,95 | 120 | 120 | 17 278 | | |

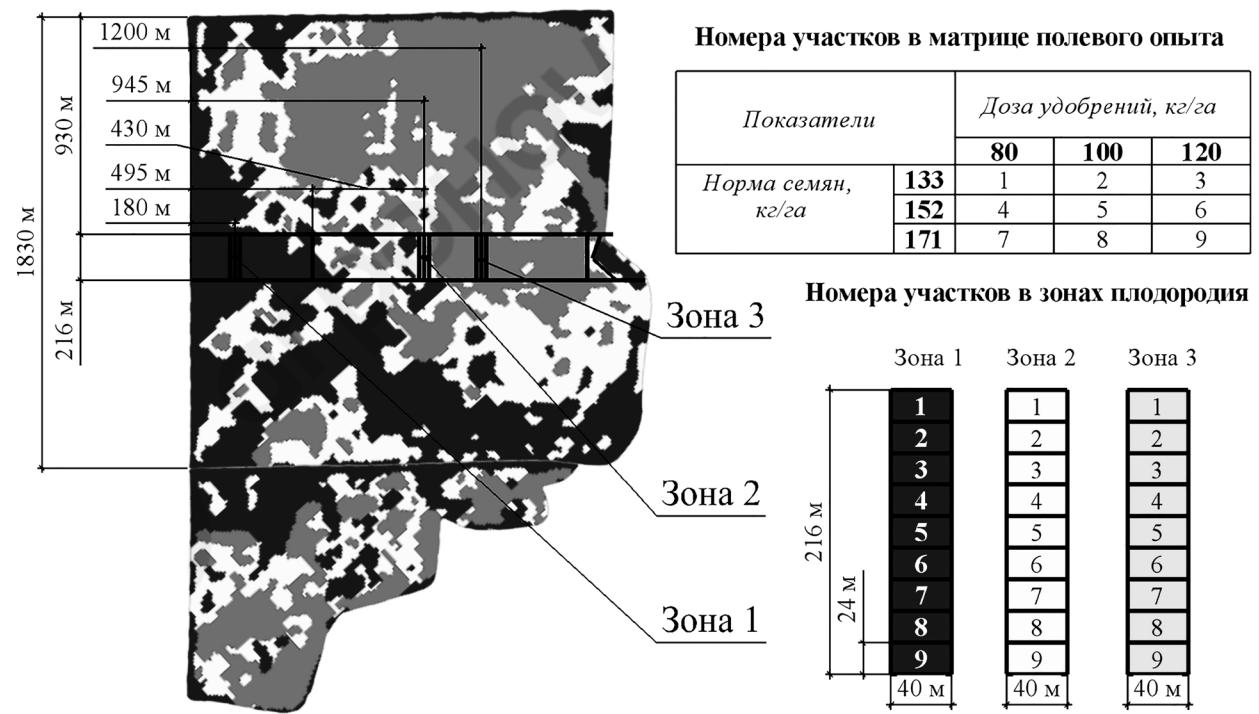


Рисунок 2 – Схема опытов на участках поля ООО «Чарышское», 2022 г.
Figure 2 – Scheme of experiments on field sections of LLC "Charyshskoye", 2022

мян в 152 кг/га и доза внесения аммиачной селитры в 100 кг/га. Снижение нормы посева до 152 кг/га было обусловлено сложившейся многолетней агрономической практикой, в которой именно такая норма посева давала лучшие урожаи пшеницы в данном хозяйстве. Варьирование норм посева было решено делать в пределах плюс (минус) 12,5 % от средней нормы, а не рекомендованные компанией минус 10 %. Таким образом, в полевой опыт были заложены три нормы семян – 133; 152 и 171 кг/га.

Дозы внесения минеральных удобрений оставлены в соответствии с рекомендациями «Агронут» (табл. 1, рис. 2).

В трех зонах плодородия было реализовано 27 вариантов сочетаний показателей полевого опыта (рис. 2). Для мест отбора проб были выбраны 3 участка поля, шириной 216 метров, которые, в свою очередь, были разбиты на 9 полос-делянок, где осуществлялся дифференцированный посев и внесение удобрений. Ширина делянки составляла 24,0 м.

Опытные делянки закладывались с 5 по 8 мая 2022 г. на поле с типом почв чернозем обыкновенный общей площадью 441,93 га. Предшественником являлась зерносмесь. Осенняя обработка почвы на поле не проводилась.

Для используемой для посева культуры яровой пшеницы сорта «Буран» с массой 1 000 зерен 36,6 г, лабораторной всхожестью 94 % и энергией прорастания 91 % использовались проправители: Дидидендр Экстрим (Дифеноконазол 92 г/л, Мефеноксам 23 г/л) дозой 0,7 л/т; Акиба (Имидаклоприд 500 г/л) дозой 0,5 л/т; Мономаммонийfosfat дозой 1 кг/т.

Посев выполнялся с применением агрегата NH 9040 + DMC-12000 2С по плану эксперимента (рис. 3). С помощью бортового компьютера задавались различные сочетания нормы высева семян и доз внесения удобрений (рис. 3, б). По каждому варианту опыта проходы выполнялись на всю длину гона поля – туда и обратно.

Заделка семян осуществлялась на глубину 3 см, выдерживая междурядное расстояние в 25 см. Были произведены две недифференцированные химические обработки посевов и подкормки: 6 июня 2022 г. (Балерина 2,4-Д 0,35 л/га; Мортира 0,015 кг/га; Карбамид 8 кг/га; Сульфат

магния 2 кг/га) и 29 июня 2022 г. (Альто супер 0,5 л/га; Имидж плюс 0,1 кг/га).

Природно-климатические условия вегетационного периода 2022 г. для опытного поля ООО «Чарышское» Алтайского края были подробно изложены в публикации [16], рассматривающей влияние дифференцированного посева на водный режим почв.

Средний запас влаги в метровом слое перед началом посевых работ составлял 171 мм и соответствовал очень низким значениям [16].

Изменение влагозапасов по зонам плодородия объясняется процессами снеготаяния и отражает движение грунтовых вод в сторону меньших высотных отметок: из зоны высокого плодородия (зона 1) происходит отток талой грунтовой воды через зону среднего плодородия в зону низкого плодородия (зоны 2 и 3), а затем из зоны 3 происходит разгрузка воды в систему ручьев. По этой причине зона 2 по состоянию на 7 мая имеет большие влагозапасы, чем соседствующие с ней зоны.

Мощность черноземов обыкновенных менялась от 40–45 см в зоне высокого плодородия, через 30 см в зоне среднего и до 15–20 см в зоне низкого плодородия. Уровни обеспеченности элементами питания по протоколу испытаний Центра агрохимической службы «Алтайский» № 131/1 по трем зонам почвенного плодородия были высокими по фосфору, средними по калию и низкими по нитратному азоту [16].

Перечень выполняемых работ на опытных делянках включал в себя измерения влажности почвы по слоям и глубины заделки семян, счет количества всходов, измерения высоты растений, контроль за обеспечением растений азотом и отбор проб урожая по делянкам. Приборная база эксперимента состояла из телефонной GPS-навигации, рулетки, линейки, измерителя влажности НН-2 «Delta-T Devices», N-тестера, электронных весов ВМ 313, автоматического счетчика зерна SLY-C и анализатора инфракрасного «ИнфраЛЮМ ФТ-10». Достоверность измерений обеспечивалась их многократной повторностью.

Комбайновая уборка урожая проводилась 19–21 августа 2022 г. Средняя урожайность на поле составила 34,8 ц/га.



Результаты исследований и их обсуждение. В таблице 2 приведена сравнительная эффективность норм высеяния семян и доз удобрений по вариантам опытов.

Удельный доход (удельная прибыль) рассчитан без учета амортизационных затрат на технику, затрат на горюче-смазочные материалы, зарплату и т. д., потому что величина этих расходов на опытном поле будет одинакова для всех вариантов опыта. Для сравнительного анализа экономической эффективности вариантов остановились на первом этапе расчета удельного дохода (Pr), рассматривая разницу удельной стоимости продукции (P) и удельных затрат на семена (Zc) и удобрения (Zu).

После расчета урожайности, удельных затрат и дохода для девяти вариантов каждой из трех зон плодородия для оценки эффективности становится доступно 729 сочетаний (9³ комбинаций «семена – удобрения – зона»).

При реализации варианта задания на посев семян пшеницы и внесение аммиачной селитры, разработанного фирмой «Агроноут», корректируя средние нормы до средних значений по хозяйству, но сохраняя принцип назначения компанией величин по зонам плодородия, удельная прибыль была бы получена в соответствии с таблицей 3.

Другими словами, если бы хозяйство скорректировало норму посева семян с учетом своего опыта и следовало в остальном рекомендациям компании «Агроноут», не закладывая опытных участков, то результат соответствовал бы приведенным табличным значениям: 550 место из 729 вариантов по величине удельного получаемого дохода.

Вторым возможным вариантом задания, который интересно рассмотреть с точки зрения эффективности, является вариант получения максимальной урожайности в трех зонах плодородия. В зоне 1 максимальная урожайность 37,8 ц/га достигается при норме семян 152 кг/га и дозе аммиачной селитры 120 кг/га («152; 120»), в зоне 2 – 37,2 ц/га при варианте «133; 80», а в зоне 3 – 41,5 ц/га при варианте «171; 120» (табл. 2). Но по получаемому доходу (36 976 руб./га по полю) вариант со средней урожайностью по полю 38,7 ц/га занимает только второе место среди рассматриваемых 729 вариантов.

Самым лучшим оказался вариант со следующими сочетаниями «семена, удобрения»: в зоне 1 – «171; 120», в зоне 2 – «152; 120», в зоне 3 – «171; 120». Это связано в том, что в зоне 1 и зоне 2 в данном варианте получен более высокий класс зерна (3 класс), чем в случае максимальной урожайности по зонам (4 класс), что

Таблица 2 – Затраты на семена и удобрения, стоимость продукции и прибыль, полученные по вариантам опыта на поле ООО «Чарышское», 2022 г.

Table 2 – Costs of seeds and fertilizers, cost of production and profit obtained from the experimental options on farm field of LLC “Charyshskoye”, 2022

| Зоны | Нс, кг/га | Ну, кг/га | Зс + Зу, руб./га | Уб, (12 %), ц/га | Класс зерна | Р, руб./га | Пр, руб./га | ΔПр, руб./га | Место по Пр |
|--|------------|------------|------------------|------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| 1 | 133 | 80 | 3 569 | 32 | 4 | 33 600 | 30 031 | 3 043 | 6 |
| | 133 | 100 | 4 019 | 33,4 | 4 | 35 070 | 31 051 | 4 063 | 4 |
| | 133 | 120 | 4 468 | 31,8 | 4 | 33 390 | 28 922 | 1 934 | 8 |
| | 152 | 80 | 3 778 | 30,1 | 3 | 34 615 | 30 837 | 3 849 | 5 |
| | 152 | 100 | 4 228 | 31,7 | 4 | 33 285 | 29 057 | 2 069 | 7 |
| | 152 | 120 | 4 677 | 37,8 | 4 | 39 690 | 35 013 | 8 025 | 2 |
| | 171 | 80 | 3 987 | 29,5 | 4 | 30 975 | 26 988 | 0 | 9 |
| | 171 | 100 | 4 437 | 35,2 | 4 | 36 960 | 32 523 | 5 535 | 3 |
| | 171 | 120 | 4 886 | 34,9 | 3 | 40 135 | 35 249 | 8 261 | 1 |
| 2 | 133 | 80 | 3 569 | 37,2 | 4 | 39 060 | 35 491 | 8 503 | 2 |
| | 133 | 100 | 4 019 | 34,2 | 4 | 35 910 | 31 891 | 4 903 | 5 |
| | 133 | 120 | 4 468 | 28,6 | 3 | 32 890 | 28 422 | 1 434 | 9 |
| | 152 | 80 | 3 778 | 31,7 | 4 | 33 285 | 29 507 | 2 519 | 6 |
| | 152 | 100 | 4 228 | 28,7 | 3 | 33 005 | 28 777 | 1 789 | 8 |
| | 152 | 120 | 4 677 | 36,4 | 3 | 41 860 | 37 183 | 10 195 | 1 |
| | 171 | 80 | 3 987 | 31,3 | 4 | 32 865 | 28 878 | 1 890 | 7 |
| | 171 | 100 | 4 437 | 31,8 | 3 | 36 570 | 32 133 | 5 145 | 4 |
| | 171 | 120 | 4 886 | 33,8 | 3 | 38 870 | 33 984 | 6 996 | 3 |
| 3 | 133 | 80 | 3 569 | 39,5 | 4 | 41 475 | 37 906 | 10 918 | 3 |
| | 133 | 100 | 4 019 | 37,7 | 4 | 39 585 | 35 566 | 8 578 | 8 |
| | 133 | 120 | 4 468 | 36,2 | 3 | 41 630 | 37 162 | 10 174 | 5 |
| | 152 | 80 | 3 778 | 35,3 | 4 | 37 065 | 33 287 | 6 299 | 9 |
| | 152 | 100 | 4 228 | 38,2 | 4 | 40 110 | 35 882 | 8 894 | 6 |
| | 152 | 120 | 4 677 | 40,1 | 4 | 42 105 | 37 428 | 10 440 | 4 |
| | 171 | 80 | 3 987 | 40,4 | 4 | 42 420 | 38 433 | 11 445 | 2 |
| | 171 | 100 | 4 437 | 38,2 | 4 | 40 110 | 35 673 | 8 685 | 7 |
| | 171 | 120 | 4 886 | 41,5 | 4 | 43 575 | 38 689 | 11 701 | 1 |
| Примечания: Нс – норма семян, кг/га; Ну – норма внесения удобрений (аммиачной селитры), кг/га; Зс + Зу – сумма удельных затрат на семена и удобрения в закупочных ценах 2022 г., руб./га; Уб (12 %) – биологическая урожайность яровой пшеницы, приведенная к 12 % влажности зерна, ц/га; Р – удельная стоимость продукции с учетом классности зерна в ценах 2022 г., руб./га; Пр = (Р – Зс – Зу) – разность удельной стоимости продукции и затрат на семена и удобрения, равная удельному доходу без учета амортизации, топлива, заработной платы и др.; ΔПр – разница удельного дохода по вариантам и варианта с минимальным доходом, руб./га. | | | | | | | | | |

Таблица 3 – Эффективность варианта задания компании «Агроноут» на посев семян яровой пшеницы (при средней норме посева 152 кг/га) и внесение минеральных удобрений (при средней дозе 100 кг/га), ООО «Чарышское», 2022 г.

Table 3 – Efficiency of "Agronout" company's task option for spring wheat seed sowing (at an average rate of 152 kg/ha) and mineral fertilizer applying (at an average dose of 100 kg/ha), LLC "Charyshskoye", 2022

| Зоны | Площадь, га | Норма, кг/га | | Урожайность, ц/га | | Доход*, руб./га | | Место |
|------|-------------|--------------|-----------|-------------------|---------|-----------------|---------|-------|
| | | семена | удобрения | в зоне | по полю | в зоне | по полю | |
| ■ | Зона 1 | 139,31 | 133 | 80 | 32,0 | 33,8 | 30 031 | 550 |
| ■ | Зона 2 | 128,65 | 152 | 100 | 28,7 | | 28 777 | |
| ■ | Зона 3 | 143,98 | 152 | 120 | 40,1 | | 37 428 | |

* удельный доход рассчитывается как разность удельной стоимости продукции и удельных затрат на семена, удобрения (без учета амортизации, стоимости топлива и др., то есть без учета одинаковых затрат для любых вариантов опыта).

увеличило стоимость продукции и дало больший доход (табл. 2).

В таблице 4 приведен этот лучший вариант в качестве задания на 2023 г.

Вариант без дифференцированного посева и внесения удобрения (норма семян 152 кг/га, норма внесения удобрений 100 кг/га) с урожайностью в 33 ц/га по данным эксперимента занял бы 667 место и дал бы удельный доход в 31 355,01 руб. на гектар, что составляет 84,6 % от удельного дохода максимально выгодного варианта.

Разница в доходе без вычета расходов на амортизацию, топливо, зарплату для всего поля в целом составляет 2,35 млн. руб.

Заключение. В результате проведенных опытов была опровергнута гипотеза, которой следует компания «Агронут», о том, что при применении точного земледелия менее плодородная почва требует при возделывании пшеницы меньших норм семян и доз удобрений.

Для исследованного поля ООО «Чарышское» Усть-Калманского района

Таблица 4 – Задание на посев семян яровой пшеницы (при средней норме 152 кг/га) и внесение минеральных удобрений (при средней дозе 100 кг/га), ООО «Чарышское», 2023 г.

Table 4 – Task for spring wheat seed sowing (at an average rate of 152 kg/ha) and mineral fertilizer applying (at an average rate of 100 kg/ha), LLC "Charyshskoye", 2023

| Зоны | Площадь, га | Норма, кг/га | | Урожайность, ц/га | | Доход*, руб./га | | Место |
|------|-------------|--------------|-----------|-------------------|---------|-----------------|---------|-------|
| | | семена | удобрения | в зоне | по полю | в зоне | по полю | |
| ■ | Зона 1 | 139,31 | 171 | 120 | 37,8 | 38,6 | 35 249 | 1 |
| ■ | Зона 2 | 128,65 | 152 | 120 | 36,4 | | 37 183 | |
| ■ | Зона 3 | 143,98 | 171 | 120 | 41,5 | | 38 689 | |

* удельный доход рассчитывается как разность удельной стоимости продукции и удельных затрат на семена, удобрения (без учета амортизации, стоимости топлива и др., то есть без учета одинаковых затрат для любых вариантов опыта).

Алтайского края максимальная эффективность достигается при применении максимальной дозы удобрения 120 кг/га для любой зоны плодородия, то есть дифференцированное внесение удобрений не требуется.

Норма же посева семян для зон низкого и высокого плодородия должна быть

максимальной (171 кг/га), а для зоны среднего плодородия необходимо использовать среднюю норму (152 кг/га).

Вторым по величине полученной прибыли стал вариант с максимальной урожайностью в каждой зоне, однако с более низким по качеству классом зерна урожая.

Список источников

1. Система эффективного управления агробизнесом // SmartAGRO. URL: <https://smartagro.ru/#popup:agroanalyticsday> (дата обращения: 20.06.2024).
2. Linsley C. M., Bauer F. C. Test your soil for acidity. Champaign : College of Agriculture and Agricultural Experiment Station, University of Illinois, 1929 // Illinois Library. URL: <https://www.ideals.illinois.edu/items/33378> (дата обращения: 20.06.2024).
3. Patent No. 4,630,773A US. Method and apparatus for spreading fertilizer / Ortlip E. W. (1986) // Patents.google.com. URL: <https://patents.google.com/patent/US4630773A/en> (дата обращения: 20.06.2024).
4. Гусев А. С., Скворцов Е. А., Морозова Е. Д. Изучение международной практики внедрения технологий точного земледелия на основе национальных программ развития аграрной сферы зарубежных стран // Russian Journal of Management. 2020. Т. 8. № 3. С. 121–125. <https://doi.org/10.29039/2409-6024-2020-8-3-121-125>. EDN FSXBAC.
5. Баич Д., Гнято Р., Трбич Г., Аджич Д., Гнято С., Тодорович С., Лукич Н. Геоинформационные системы и точное земледелие: концепция, теория и практика // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5 (15). № 3. С. 51–64. EDN ZTDQVA.
6. Куришбаев А. К., Токбергенов И. Т., Канафин Б. К., Соловьев О. Ю., Киян В. С., Швидченко В. К. Точное земледелие – новый этап в развитии сельскохозяйственного производства северного Казахстана // Вестник науки Казахского агротехнического университета имени С. Сейфуллина. 2019. № 4 (103). С. 100–113. EDN UBQLHP.
7. Норалиев Н. Х., Юсупова Ф. Э., Кувандиков А. Н. Точное земледелие в цифровом сельском хозяйстве // Вестник науки и образования. 2020. № 23–3 (101). С. 14–17. EDN ZBBLAR.
8. Гуртмырадов Э., Халмырадова О., Хезретов А., Матякубов Б. Точное земледелие, новые технологии в сельском хозяйстве // Матрица научного познания. 2023. № 5–1. С. 110–113. EDN BQGDXM.
9. GII 2022 at a glance The Global Innovation Index 2022 captures the innovation ecosystem performance of 132 economies and tracks the most recent global innovation trends // World Intellectual Property. URL: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2022-section1-en-gii-2022-at-a-glance-global-innovation-index-2022-15th-edition.pdf> (дата обращения: 20.06.2024).
10. Завьялова А. Г., Комарова О. Е. Ставка на точное земледелие // APK News. 2019. № 13. С. 71–73. EDN YTRCQP.
11. Личман Г. И., Беленков А. И. Точное земледелие в вопросах и ответах // Фермер. Поволжье. 2015. № 5 (36). С. 30–34. EDN ZCP CZF.
12. Гамзиков Г. П. Точное земледелие в Сибири: реальности, проблемы и перспективы // Земледелие. 2022. № 1. С. 3–9. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-1-3-9>. EDN MFZJNE.
13. База знаний. Технологии точного земледелия // АгроЭкоМиссия. URL: <https://agrieconomission.com/base/category/tehnologii-tochnogo-zemledeliya> (дата обращения: 20.06.2024).
14. АгроНОУТ : [сайт]. URL: <https://agronote.ru/> (дата обращения: 20.06.2024).
15. Повышайте продуктивность полей с помощью цифрового земледелия // OneSoil. URL: <https://onesoil.ai/ru> (дата обращения: 20.06.2024).
16. Беляев В. И., Буксман В. Э., Садов В. В., Смышляев А. А., Тур А. В. Влияние дифференцированного посева на водный режим почвы и урожайность яровой пшеницы // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3

невосточный аграрный вестник. 2023. Т. 17. № 2. С. 5–12. doi: 10.22450/19996837_2023_2_5. EDN YJOCVS.

References

1. System of effective management of agribusiness. *Smartagro.ru*. Retrieved from <https://smartagro.ru/#popup:agroanalyticsday> (Accessed 20 June 2024) (in Russ.).
2. Linsley C. M., Bauer F. C. Test your soil for acidity. Champaign : College of Agriculture and Agricultural Experiment Station, University of Illinois, 1929. *Ideals.illinois.edu*. Retrieved from <https://www.ideals.illinois.edu/items/33378> (Accessed 20 June 2024).
3. Ortlip E. W. Method and apparatus for spreading fertilizer. Patent U.S. No. 4,630,773A *Patents.google.com* (1986) Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US4630773A/en> (Accessed 20 June 2024).
4. Gusev A. S., Skvortsov E. A., Morozova E. D. Studying the international practice of introducing precision farming technologies based on national programs for the development of the agrarian sector of foreign countries. *Russian Journal of Management*, 2020;8;3:121–125. <https://doi.org/10.29039/2409-6024-2020-8-3-121-125>. EDN FSXBAC (in Russ.).
5. Baych D., Gnyato R., Trbich G., Adzich D., Gnyato S., Todorovich S., Lukich N. Geographic information systems and precision farming: concept, theory and practice. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*, 2019;5–15;3:51–64. EDN ZTDQVA (in Russ.).
6. Kurishbaev A. K., Tokbergenov I. T., Kanafin B. K., Soloviev O. Yu., Kiyan V. S., Shvidchenko V. K. Precise agriculture – a new stage in the development of agricultural production of North Kazakhstan. *Vestnik nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo universiteta imeni S. Seyfullina*, 2019;4(103):100–113. EDN UBQLHP (in Russ.).
7. Noraliev N. Kh., Yusupova F. E., Kuvandikov A. N. Precision farming in digital agriculture. *Vestnik nauki i obrazovaniya*, 2020;23–3(101):14–17. EDN ZBBLAR (in Russ.).
8. Gurtmyradov E., Halmyradova O., Hezretov A., Matyakubov B. Precision farming, new technologies in agriculture. *Matritsa nauchnogo poznaniya*, 2023;5(1):110–113. EDN BQGDXM (in Russ.).
9. GII 2022 at a glance The Global Innovation Index 2022 captures the innovation ecosystem performance of 132 economies and tracks the most recent global innovation trends. *Wipo.int* Retrieved from <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2022-section1-en-gii-2022-at-a-glance-global-innovation-index-2022-15th-edition.pdf> (Accessed 20 June 2024).
10. Zavyalova A. G., Komarova O. E. Focus on precision farming. *APK News*, 2019;13:71–73. EDN YTBCQP (in Russ.).
11. Lichman G. I., Belenkov A. I. Precision agriculture in questions and answers. *Fermer. Povolzh'e*, 2015;5(36):30–34. EDN ZCPZF (in Russ.).
12. Gamzikov G. P. Precision farming in Siberia: realities, challenges and prospects. *Zemledelie*, 2022;1:3–9. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-1-3-9>. EDN MFZJNE (in Russ.).
13. Knowledge base. Precision farming technologies. *Agriecomission.com*. Retrieved from <https://agriecomission.com/base/category/tehnologii-tochnogo-zemledeliya> (Accessed 20 June 2024) (in Russ.).
14. AgroNOUT. *Agronote.ru*. Retrieved from <https://agronote.ru/> (Accessed 20 June 2024) (in Russ.).
15. Increase field productivity with digital farming. *Onesoil.ai*. Retrieved from <https://onesoil.ai/ru> (Accessed 20 June 2024). (in Russ.).
16. Belyaev V. I., Buksman V. E., Sadov V. V., Smyshlyayev A. A., Tur A. V. The effect of differentiated sowing on the water regime of the soil and the yield of spring wheat. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2023;17;2:5–12. doi: 10.22450/19996837_2023_2_5. EDN YJOCVS (in Russ.).

© Беляев В. И., Садов В. В., Смышляев А. А., Кошелева Е. Д., 2024

Статья поступила в редакцию 25.08.2024; одобрена после рецензирования 11.09.2024; принята к публикации 17.09.2024.

The article was submitted 25.08.2024; approved after reviewing 11.09.2024; accepted for publication 17.09.2024.

Информация об авторах

Беляев Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4396-2202>, Author ID: 695114, prof-belyaev@ya.ru;

Садов Виктор Викторович, доктор технических наук, доцент, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0335-9436>, Author ID: 427073, sadov.80@mail.ru;

Смышляев Андрей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8044-0692>, Author ID: 439077, an_smish_asau@mail.ru;

Кошелева Евгения Дмитриевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8813-0675>, Author ID: 501590, jten@yandex.ru

Information about the authors

Vladimir I. Belyaev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Altai State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4396-2202>, Author ID: 695114, prof-belyaev@ya.ru;

Viktor V. Sadov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Altai State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0335-9436>, Author ID: 427073, sadov.80@mail.ru;

Andrey A. Smyshlyaev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Altai State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8044-0692>, Author ID: 439077, an_smish_asau@mail.ru;

Evgeniya D. Kosheleva, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Altai State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8813-0675>, Author ID: 501590, jten@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.