



Новосибирский
государственный
аграрный университет



Кубанский
государственный
аграрный университет
имени И.Т. Трубилина

НАУЧНО-ОБОСНОВАННЫЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РОССИИ



Министерство сельского хозяйства РФ
Новосибирский государственный аграрный университет
Кубанский государственный аграрный университет имени
И.Т. Трубилина

**НАУЧНО-ОБОСНОВАННЫЙ ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ТОЧНОГО
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РОССИИ**

Монография

Новосибирск
2021

УДК 338.28

ББК 65.054 + 65.325.1

Авторы

д-р экон. наук Е.В. Рудой
канд. экон. наук М.С. Петухова
канд. экон. наук С.В. Рюмкин
д-р техн. наук Е.В. Труфляк
канд. техн. наук Н.Ю. Курченко

Рецензенты:

Санду Иван Степанович – доктор экономических наук, профессор
заслуженный деятель науки РФ
Алеценко Виталий Викторович – доктор экономических наук

Научно-обоснованный прогноз развития точного земледелия в России /
Е.В. Рудой, М.С. Петухова, С.В. Рюмкин, Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко;
Новосиб. гос. аграр. ун-т, Кубан. гос. аграр. ун-т им. И.Т. Трубилина –
Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. – 138 с.

ISBN 978-5-94477-295-4

В монографии собраны основные результаты работы двух Отраслевых центров прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития АПК: в области растениеводства, семеноводства и органического земледелия (Новосибирский государственный аграрный университет), а также в области точного сельского хозяйства, автоматизации и роботизации (Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина). Монография посвящена вопросу развития точного земледелия в России, в частности, приоритетным направлениям исследований и разработок в этой сфере, критическим технологиям. В данном исследовании проведен анализ уровня внедрения технологий точного земледелия в регионах России и оценка условий такого внедрения.

Монография представляет научный и практический интерес для широкого круга заинтересованных читателей.

ISBN 978-5-94477-295-4

© Новосибирский государственный аграрный университет
© Кубанский государственный аграрный университет имени
И.Т. Трубилина

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛОССАРИЙ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	14
1. ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РОССИИ	17
1.1. Предпосылки возникновения технологий точного земледелия.....	17
1.2. Структура технологий точного земледелия	21
1.3. Зарубежный опыт использования технологий точного земледелия.....	46
2. АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РОССИИ.....	59
2.1. Оценка потребности во внедрении элементов точного земледелия в России.....	59
2.2. Оценка уровня развития точного земледелия в России.....	69
2.3. Оценка условий внедрения элементов точного земледелия в регионах России.....	81
3. ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РОССИИ	89
3.1. Приоритетные направления исследований и разработок в области точного земледелия для России.....	89
3.2. Российский рынок технологий точного земледелия.....	107
3.3. Дорожная карта внедрения систем точного земледелия в России.....	111
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	121
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	123
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	134
Приложение 1	135
Приложение 2	138

ГЛОССАРИЙ

Согласно ГОСТ Р 56084-2014 «Глобальная навигационная спутниковая система. Система навигационно-информационного обеспечения координатного земледелия. Термины и определения» существует термин координатное земледелие – система управления продукционным процессом сельскохозяйственных 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 [37]. По данным Д. Шпаара, А.В. Захаренко, В.П. Якушева: точное земледелие – интегрированная сельскохозяйственная производственная система, основанная на достижениях информационных технологий, использовании системы автоматического управления и регулирования тракторами и сельскохозяйственными машинами и оборудованием, сенсорной техники и общей компьютеризации всех процессов сельскохозяйственного менеджмента и направленная на оптимизацию агротехнологий и стабилизацию продуктивности агроценозов при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду [80]. В последние годы наряду с выражением Precision Agriculture встречаются словосочетания Climate smart farming (климатически умное сельское хозяйство) и Smart farming (умное сельское хозяйство или интеллектуальное сельское хозяйство). Климатически умное сельское хозяйство – это ведение сельского хозяйства с учетом природно-климатических условий региона с минимальным отрицательным воздействием на окружающую среду и, в частности, снижения поступления в атмосферу парниковых газов. Умное сельское хозяйство – новое направление ведения устойчивого сельского хозяйства для обеспечения продовольственной безопасности сельскохозяйственного производства, связанного с совершенствованием и

более эффективным использованием элементов точного земледелия, таких как системы позиционирования, различных датчиков для получения информации о состоянии почвы, растений, окружающей среды для использования ее при более обоснованном принятии оптимальных управленческих решений [17, 23]. В данной системе предполагается более эффективный учет внутрипольной variability параметров плодородия при принятии оптимальных решений за счет более широкого использования систем глобального позиционирования; управления данными; сенсоров; информационных систем; более прогрессивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Одним из направлений умного сельского хозяйства является телематика – область информатики, охватывающая сферу телекоммуникаций. Спутниковый мониторинг транспорта – система мониторинга подвижных объектов, построенная на основе систем спутниковой навигации, оборудования и технологий сотовой и/или радиосвязи, вычислительной техники и цифровых карт. Спутниковый мониторинг транспорта используется для решения задач транспортной логистики в системах управления перевозками и автоматизированных системах управления автопарком, таких как определение местоположения и маршрута транспортного средства в режиме on-line; контроль расхода топлива и несанкционированных сливов топлива; специальные функции «безопасное вождение», «свой-чужой» и т. п.

Наиболее часто встречающиеся определения, и на наш взгляд, более полно характеризующие как саму систему, так и ее элементы, следующие [76]:

1. *Airborne remote sensor* – бортовой дистанционный датчик;
2. *Airborne scanner* – бортовой сканер;
3. *Application map* – карта внесения;
4. *Applied N* – внесенный азот;
5. *Auto steering, auto pilot* – автоматическое (рулевое) управление;
6. *Base station* – базовая станция;
7. *BeiDou* – китайская национальная навигационная система;

8. ***Biomass sensor*** – дистанционный датчик биомассы;
9. ***Biomass map*** – карта биомассы растений, по которой можно определять разницу биомассы для последующего внесения определенных доз азотных удобрений в определенное время на отдельных участках поля;
10. ***Canopy reflectance*** – отражающая способность листового покрова;
11. ***Canopy sensing*** – дистанционное зондирование – сбор информации, такой как биомасса и содержание хлорофилла в растениях, с помощью датчиков, устанавливаемых на спутниках, воздушном или наземном видах транспорта;
12. ***Chlorophyll sensor*** – датчик хлорофилла;
13. ***Cluster analysis*** – кластерный анализ;
14. ***Compaction sensor*** – датчик плотности;
15. ***Crop management*** – управление урожайностью (посевов);
16. ***DGPS (differential global positioning system)*** – дифференциальная система глобального позиционирования. Это режим, при котором GPS-приемник, кроме спутниковых сигналов, использует поправки, генерируемые опорной станцией, расположенной в фиксированном месте с известными координатами;
17. ***Differential signal*** – дифференциальные (поправочные) сигналы;
18. ***EGNOS*** – европейская геостационарная служба навигационного покрытия;
19. ***Galileo*** – европейская глобальная навигационная спутниковая система;
20. ***GIS (Geographical information system)*** – геоинформационная система (ГИС) – класс программных систем, связанных с вводом, обработкой, хранением и отображением пространственных данных, таких как карты местности, планы, схемы и т. п.;
21. ***GLONASS (Global Navigation Satellite System)*** – российская глобальная система спутниковой навигации;

22. GPS (Global Positioning System) – система глобального позиционирования. Система разработана, реализована и эксплуатируется Министерством обороны США;

23. Hyperspectral vegetation reflectance – гиперспектральная отражающая способность растительности;

24. Integrated weed management – интегральная борьба с сорняками;

25. IRNSS – индийская региональная навигационная спутниковая система навигации;

26. Laser scanning – лазерное сканирование;

27. Mapping – составление карт;

28. Maps overlay – наложение (совмещение) карт;

29. Multispectral imaging sensors – мультиспектральные датчики изображений;

30. Navigation controller – навигационное вычислительное устройство, навигационный контроллер;

31. Navigation (steering) automat – навигационное управление;

32. N deficiency – недостаток азота;

33. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности; количественный показатель фотосинтетически активной биомассы, обычно называемый вегетационным индексом, вычисляют по формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра; RED – отражение в красной области спектра;

34. N sufficiency – достаточное количество азота;

35. Nitrate sensor – датчик нитратов;

36. Off-line – двухэтапные подходы или подходы на основе картирования;

37. *On-line* – одноэтапные подходы или подходы с принятием решений в реальном масштабе времени или сенсорные подходы;

38. *Optical sensor* – оптический датчик;

39. *Parallel guidance system, parallel tracking* – система параллельного управления;

40. *Patch spraying* – выборочное опрыскивание;

41. *Personal digital assistants (PDA)* – персональные цифровые секретари (полевые компьютеры);

42. *Precise positioning* – прецизионная система глобального позиционирования для авторизованных пользователей;

43. *Precision agriculture* – точное сельское хозяйство;

44. *Precision crop protection* – точная система защиты растений;

45. *Precision farming* – точное земледелие;

46. *Precision soil management* – точная система управления земледелием;

47. *QZSS* – квазизенитная спутниковая система космической промышленности Японии;

48. *Real-time approach* – в реальном масштабе времени;

49. *Real Time Kinematic (RTK) GPS* – кинематические системы глобального позиционирования, работающие в реальном времени;

50. *Reference station* – опорная станция, генерирующая поправки для дифференциальных GPS;

51. *Remote sensing* – дистанционное зондирование;

52. *RTK-DPGS (Real-Time Kinematic DPGS)* – дифференциальная система глобального позиционирования – режим, при котором GPS-приемник, кроме спутниковых сигналов, использует поправки, генерируемые опорной станцией, расположенной в фиксированном месте с известными координатами;

53. *Seed mapping* – составление карты посевов;

54. *Selective availability (SA)* – селективная доступность (коррекция ошибок в GPS);

55. *Site-specific nitrogen management* – дифференцированное по месту применение азота;

56. *Site-specific weed control* – дифференцированный по месту контроль сорняков;

57. *Site-specific weed management* – дифференцированная по месту борьба с сорняками;

58. *Soil analysis* – анализ почвы;

59. *Soil electrical conductivity* – электрическая проводимость почвы

60. *Soil mapping* – составление почвенных карт;

61. *Spatial variation* – пространственная неоднородность (изменчивость);

62. *Spectral* – спектральный;

63. *Tracking accuracy* – точность отслеживания;

64. *Transponder reader* – преобразователь непрерывных данных в цифровые;

65. *Variable rate fertilizer application* – дифференцированное внесение удобрений;

66. *Vehicle guidance* – автоматическое управление транспортным средством;

67. *Weed control* – контроль за сорняками;

68. *Weed mapping* – составление карты сорняков;

69. *Yield mapping* – составление карт урожайности;

70. *Yield monitor data* – данные мониторинга урожайности;

71. *Yield Monitor Technologies* – технологии оценки урожайности;

72. *Атоматическое вождение сельскохозяйственных машин* – процесс автоматического управления направлением движения сельскохозяйственных машин по заданной траектории под управлением

системы автономного вождения с использованием системой навигационной информации об объекте навигации;

73. Автопилот – программно-технический комплекс системы автономного вождения;

74. Аппликационная карта – электронная карта, содержащая расчетные значения доз дифференцированного внесения материалов на элементарных участках;

75. Геофенсинг – функция, позволяющая создавать виртуальные границы реальных географических объектов и осуществлять контроль пересечения объектом навигации границ зон с уведомлением пользователя информации об этом событии;

76. Геоинформационные технологии – совокупность приемов, способов и методов применения программно-технических средств обработки и передачи информации, позволяющих реализовать функциональные возможности геоинформационных систем. Они включают методы дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), системы управления базами данных (СУБД), системы глобального позиционирования (GPS), методы анализа, интернеттехнологии, системы картографирования, методы цифровой обработки изображений;

77. Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) – предназначена для определения пространственных координат, составляющих векторы скорости движения, поправки показаний часов и скорости изменения показаний часов потребителя в любой точке на поверхности Земли, акватории Мирового океана, воздушного и околоземного космического пространства. Базовым методом определения координат является вычисление расстояния от GPS-приемника до нескольких спутников, расположение которых считается известным. GPS-приемник определяет свое положение в теоретической трехмерной системе координат (x–y–z), затем эти значения конвертируются в координаты широты, долготы и высоты над уровнем моря;

78. Датчик расхода топлива – определяет количество топлива, израсходованного двигателем транспортного средства;

79. Датчик урожайности – устройство, которое устанавливается на комбайны и позволяет определять урожайность зерна с единицы площади, с привязкой к местности и с учетом влажности зерна. В состав датчика урожайности входит GPS-приемник, оптический датчик объема и датчик определения влажности;

80. Дистанционное зондирование Земли – наблюдение поверхности Земли авиационными и космическими средствами, оснащенными различными видами съемочной аппаратуры;

81. Дифференциальная коррекция / поправка – это данные, поступающие на GPS-приемник, с целью повышения точности определения местоположения объекта. Использование дифференциальной поправки позволяет уменьшить степень погрешности в приеме сигнала, поступающего со спутника на GPS-приемник. Существуют два класса дифпоправок: бесплатные поправки и платный сервис, предоставляемый по подписке;

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

83. Карта агрохимобследования – карта поля, на которой отображаются данные о содержании питательных веществ и химических элементов в почве по результатам отбора проб почвы с последующим их лабораторным анализом. Карты агрохимобследования позволяют оптимизировать затраты на удобрения и при использовании технологий дифвнесения добиться максимальной урожайности;

84. Карта урожайности – карта поля, на которую наносится информация об урожайности в каждой конкретной точке. Карта урожайности создаются на основании данных, полученных с датчиков урожайности, установленных на комбайнах;

85. Координатное земледелие – система управления продукционным процессом сельскохозяйственных 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;

86. Курсоуказатель сельскохозяйственных машин – устройство, используемое для индикации отклонений фактической траектории движения сельскохозяйственных машин от заданной при активном вождении объекта навигации;

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

88. Параллельное вождение сельскохозяйственных машин – процесс ручного управления направлением движения сельскохозяйственных машин по заданной траектории, в том числе с использованием курсоуказателя;

89. Первичные данные дистанционного зондирования (при наблюдении поверхности Земли аэрокосмическими средствами) – необработанные данные, полученные при дистанционном зондировании и переданные или доставленные на Землю посредством телеметрии в виде электромагнитных сигналов, фотопленки, магнитной ленты или какими-либо другими способами;

90. Первичные данные дистанционного сканирования (при наблюдении поверхности поля наземными средствами) – необработанные данные, полученные при дистанционном сканировании и переданные или доставленные потребителю посредством телеметрии в виде электромагнитных

сигналов, фотопленки, магнитной ленты или какими-либо другими способами;

91. Подруливающее устройство – предназначено для автоматического вождения сельскохозяйственной техники по сигналам, поступающим от системы параллельного вождения;

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

93. 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;

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

ВВЕДЕНИЕ

Согласно указу Президента РФ «О стратегии научно-технологического развития РФ» от 1 декабря 2016 года №642 в ближайшие 10-15 лет одним из приоритетов развития страны следует считать переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям и роботизированным системам [59]. Большим вызовом является потребность в обеспечении продовольственной безопасности и продовольственной независимости России, конкурентоспособности отечественной продукции на мировых рынках продовольствия, снижение технологических рисков в АПК. Для предотвращения глобальных вызовов в сфере продовольственной и биологической безопасности человечеству необходимо сельское хозяйство нового типа. Вопросам перехода к новой экономической модели и к «интеллектуальному» сельскому хозяйству, как ее неотъемлемому компоненту, уделяют все большее внимание ведущие международные организации и национальные правительства. «Интеллектуальное» сельское хозяйство основано на применении автоматизированных систем принятия решений, комплексной автоматизации и роботизации производства, а также технологиях проектирования и моделирования экосистем. Оно предполагает минимизацию использования внешних ресурсов (топлива, удобрений и агрохимикатов) при максимальном задействовании локальных факторов производства (возобновляемых источников энергии, биотоплив, органических удобрений и т. д.). Перспективные технологии «интеллектуального» сельского хозяйства обеспечивают эффективную, экологически безопасную борьбу с вредителями, восстановление и сохранение полезных свойств почв и грунтовых вод, а также дистанционный интегрированный контроль соблюдения сертификационных требований органического сельского хозяйства. Обеспечение продовольственной безопасности в условиях

изменения климата является одной из важнейших задач развития в современном мире. По прогнозам, производство продовольствия во всем мире должно увеличиться на 70-100% к 2050 г., чтобы удовлетворить потребности девятимиллиардного населения. Сегодня, в рамках усилий по решению проблем продовольственной безопасности и изменения климата, разрабатывается новый подход к ведению сельского хозяйства. В Европе наиболее часто используют термин Precision Agriculture как «точное сельское хозяйство» и Precision Farming – как «точное земледелие». В международной научной литературе существуют многочисленные термины и определения, которые, как правило, являются синонимами или обозначают основные элементы точного земледелия. Переводы также дают разные трансформации данного понятия – «умное сельское хозяйство», «точное фермерство», «координатное земледелие», «высокоточное земледелие», «интеллектуальное земледелие», «интеллигентное земледелие», «прецизионное земледелие» и др.

Целью данной монографии является объективная необходимость предложить научно-обоснованный прогноз развития точного земледелия в России.

Для достижения цели были поставлены и последовательно решены следующие задачи:

- представлено обоснование необходимости развития технологий точного земледелия в России, с определением перспективных траекторий;
- проведен поэлементный анализ технологий точного земледелия;
- определены приоритеты научно-технологического развития точного земледелия в России.

При написании монографии использовались классические научные методы познания (монографический, абстрактно-логический, аналитический, расчетно-конструктивный), а также некоторые методы из методологии форсайт (экспертный опрос, дорожное картирование и др.).

В качестве источников аналитических данных выступали материалы исследований Кубанского ГАУ, Новосибирского ГАУ, данные Росстата, данные Министерства сельского хозяйства и других смежных министерств.

Монография оформлена в классическом стиле, содержит 3 главы с отдельно выделенными параграфами, введение, заключение, глоссарий, список литературы.

Материал изложен на 138 страницах, содержит 16 таблиц и 36 рисунков.

1. ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РОССИИ

1.1. Предпосылки возникновения технологий точного земледелия

На сегодняшний день происходит масштабная трансформация ведения сельскохозяйственного производства. Современные цифровые технологии не только не обошли стороной сельское хозяйство, но и активно нашли свое применение на всех этапах аграрного производства, будь то растениеводство или животноводство. Одной из таких технологий является технология точного земледелия.

На наш взгляд более полно сущность данной технологии отражается если ее называть координатным земледелием. В данной технологии соединились и космические технологии глобального позиционирования, и картография и геодезия и конечно же агрономия. Как и любая другая технология, которая на первоначальном этапе внедрения и использования требует значительных инвестиций, технология координатного земледелия не стала исключением. Но что же толкнуло аграриев к постепенному масштабированию использования данной технологии? Учитывая тот факт, что само по себе сельскохозяйственное производство слишком зависимо от природных условий и его рентабельность достаточно волатильная. Ответ на этот вопрос, как ни странно, нужно искать в других, смежных отраслях, от которых в том числе как раз и зависит рентабельность сельскохозяйственного производства.

Как известно из основ экономической науки, борьба между ресурсами и потребностями, лежит в основе всех технологических трансформаций и даже революций. Стремление максимизировать удовлетворение все возрастающих потребностей, за счет стремительно сокращающихся ресурсов. Эти две

противоположно направленные тенденции и движут технологическими трансформациями. После сельскохозяйственной революции (около 12000 лет до н.э.) такой способ производства продуктов питания всецело захватил человечество и чем выше его эффективность, то есть количество урожая, полученного с единицы площади, соотнесенное с затратами на эту площадь тем эффективнее используются имеющиеся ресурсы [88].

Но, как уже говорилось, стремление к максимизации, всегда стоит как вызов перед человечеством. И в данном случае, как только агрономическая наука выяснила, что урожай зависит в том числе и от наличия питательных веществ в почве, стремление добавить этих самых питательных веществ стало превалировать над разумностью их применения. В некоторых случаях применение минеральных удобрений как способа восстановить баланс питательных веществ действительно оправдано, поскольку сельскохозяйственные культуры вместе с уборкой «выносят» из почвы питательные вещества и требуется восстановить баланс утраченного. Но достаточно часто, особенно с середины XX столетия, применение минеральных удобрений преследовало только одну цель – максимизация урожая. Результат не заставил себя долго ждать. Самое главное свойство почвы – плодородие, стало существенно снижаться, а в некоторых местах безвозвратно утрачиваться. Однако этот факт не остановил потребления минеральных удобрений, по вполне понятным причинам, это весьма высокодоходный бизнес и зависимость сельскохозяйственного производства от него достаточно высока. На рисунках 1 и 2 представлена динамика спроса на минеральные удобрения в ближайшей перспективе.

Учитывая такую высокую зависимость от минеральных удобрений, вполне очевидно, что в структуре себестоимости затраты на минеральные удобрения занимают достаточно высокую долю. А раз так то, это, с точки зрения управления эффективностью, является предметом повышенного внимания со стороны менеджмента сельскохозяйственных компаний. И для

целей нашего исследования это можно считать первой предпосылкой для внедрения технологий точного (координатного) земледелия.

Среднесрочная перспектива: устойчивый рост спроса в Бразилии, Индии и остальных странах мира

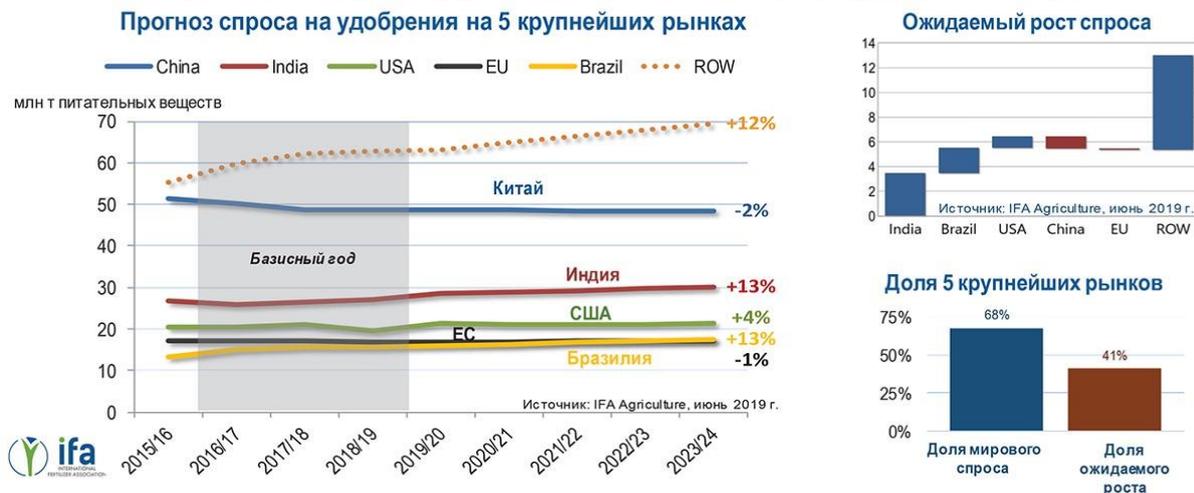


Рисунок 1 – Динамика спроса на удобрения в некоторых странах мира¹

Где растет спрос в остальном мире?



Рисунок 2 – Ожидаемый спрос на удобрения в некоторых странах мира¹

То есть снижающееся количество пригодных для ведения сельскохозяйственного производства земель, приводит к постепенному осознанию необходимости разумного внесения удобрений.

¹ По данным IFA (International Fertilizer Association) URL: <https://belchemoil.by/news/tehnologii-i-trendy/trendy-mirovogo-rynka-udobrenij>

Вполне очевидно, что второй предпосылкой возникновения и применения в сельскохозяйственном производстве технологий точного (координатного) земледелия стала еще одно направление расходования финансовых ресурсов – это расходы на горюче-смазочные материалы (ГСМ).

С одной стороны, техника становится все более мощная, позволяющая выполнить несколько видов технологических операций за один проход, с другой стороны мощность двигателя и его технические характеристики, предъявляют повышенные требования к качеству топлива, а соответственно стоимость такого топлива высокая. В случае пренебрежения требованиями, вполне вероятен выход техники из строя и достаточно дорогостоящий ремонт. Что, в условиях ограниченности времени для выполнения полевых работ не может не сказаться на соблюдении агротехники возделывания сельскохозяйственных культур [12].

Все это, а также достижения космической отрасли, позволяющей осуществлять навигацию не только морских судов, самолетов, но и других видов наземного транспорта, в том числе и сельскохозяйственной техники способствовали тому, что современные трактора и комбайны невозможно представить без систем спутниковой навигации, которые позволяют производить все виды сельскохозяйственных работ с высокой точностью и осуществлять внесение удобрений, посев семян, столько сколько нужно в данный конкретный момент времени на конкретном поле [69].

Точное земледелие – стратегия управления, использующая информационные технологии, извлекая данные из множественных источников с тем, чтобы принимать правильные решения по управлению сельскохозяйственной организацией. В основе данной концепции лежат представления о существовании неоднородностей в пределах одного поля: локальных особенностей почвы и климатических условий. Используя карты агрофизико-химических показателей почвы, полученные с использованием географических информационных систем, можно реализовать стратегию

управления развитием культур на уровне поля и оптимизации затрат. Преимущества данной технологии – это появление возможности проведения полевых работ круглосуточно, рост производительности труда за счет быстрого передвижения машины и уменьшения утомляемости механизатора.

Более подробно о структуре технологий точного (координатного) земледелия рассмотрим в следующем параграфе.

1.2. Структура технологий точного земледелия

В основе научной концепции точного (координатного) земледелия лежат представления о существовании неоднородностей в пределах одного поля. Для оценки и детектирования этих неоднородностей используются новейшие технологии, такие как системы глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС, Galileo), специальные датчики, аэрофотоснимки и снимки со спутников, а также специальные программы для агроменеджмента на базе геоинформационных систем (ГИС) [7]. Собранные данные используются для планирования высева, расчёта норм внесения удобрений и средств защиты растений (СЗР), более точного предсказания урожайности и финансового планирования. Данная концепция требует обязательно принимать во внимание локальные особенности почвы/климатические условия. В отдельных случаях это может позволить легче установить локальные причины болезней или уплотнений.

Точное земледелие – это комплексная высокотехнологичная система сельскохозяйственного менеджмента, включающая в себя технологии глобального позиционирования (GPS), географические информационные системы (GIS), технологии оценки урожайности (Yield Monitor Technologies), переменного нормирования (Variable Rate Technology), дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и направленная на получение максимального

объема качественной и наиболее дешевой сельскохозяйственной продукции с учетом норм экологической безопасности [78].

В зависимости от временного соотношения между сбором информации и применением соответствующих агротехнических мероприятий различают:

- двухэтапные подходы (off-line) или подходы на основе картирования;
- одноэтапные подходы (on-line) или подходы с принятием решений в реальном масштабе времени («real-time») или сенсорные подходы;
- различные комбинации одно- и двухэтапных подходов или сенсорный подход с поддержкой картированием (map overlay).

Применение точного земледелия требует учета дополнительных затрат, среди которых можно выделить категории:

- затраты на сбор данных (карты, глобальные системы позиционирования (ГСП), сенсоры);
- затраты на менеджмент данных (техника и программное обеспечение);
- затраты на специальную технику для точного выполнения агроприемов и навигацию (ГСП-управляемые машины и оборудование для дифференцированной обработки почвы, посева, внесения удобрений, средств защиты растений и др.) [53].

Большинство современных подходов к экономическому анализу точного земледелия сводится к оценке применения техники точного земледелия и соответствующих технологий при выращивании отдельной сельскохозяйственной культуры. Вместе с тем очевидно, что общий агроэкономический эффект от интеграции технологий точного земледелия в масштабах хозяйства с учетом синергетических эффектов будет более высоким по сравнению с использованием отдельных технологических приемов.

Далее, перейдем к описанию данных систем.

Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) предназначена для определения пространственных координат, составляющих векторы скорости движения, поправки показаний часов и скорости изменения показаний часов потребителя в любой точке на поверхности Земли, акватории Мирового океана, воздушного и околоземного космического пространства. Базовым методом определения координат является вычисление расстояния от GPS-приемника до нескольких спутников, расположение которых считается известным. GPS-приемник определяет свое положение в теоретической трехмерной системе координат (x-y-z), затем эти значения конвертируются в координаты широты, долготы и высоты над уровнем моря. Постоянно отслеживая свое местоположение в течение некоторого времени, GPS-приемник может рассчитать скорость и направление движения. Для обеспечения точности вычислений полученный сигнал спутника должен корректироваться с помощью дифференциальной системы позиционирования (DGPS). С помощью дифференцированного коррекционного сигнала устраняется более 90% погрешностей, возникающих в результате влияния атмосферы Земли на спутниковый сигнал, а также вызванных неточностями вычисления времени и высоты орбит спутников. Возникновение глобальной спутниковой навигации пришлось на середину 90-х гг. XX в. [16] Данные по истории развития механизации и автоматизации сельского хозяйства представлены в таблице 1.

В исторической мировой практике использования электронной техники можно выделить три волны: первая 1940–1980 гг. – один компьютер обслуживался несколькими людьми; вторая 1980–2000 гг. – один компьютер – одним человеком; третья – 2000 г. и будущее – много компьютеров обслуживаются одним человеком.

Таблица 1 – Краткие исторические сведения

Дата	Событие
90-е гг. XIX в.	Начало механизации сельского хозяйства
1917 г.	Henry Ford & Son Corporation производство тракторов типа Fordson
1924 г.	На тракторах появился вал отбора мощности для привода сельскохозяйственных машин
1927 г.	Применение гидравлики на тракторах для подъема орудий
1932 г.	Появление резиновых тракторных колес
1938 г.	Фирмой Massey Harris создан первый самоходный комбайн
70-е гг. XX в.	Промышленное производство электроники
90-е гг. XX в.	Начало внедрения точного земледелия (Япония, США, Европейские страны). Использование навигационной космической аппаратуры GPS для автоматического вождения техники и мониторинга урожайности
1996 г.	Deere предложена система позиционирования DGPS с точностью 1–2 м
2000 г.	Точность позиционирования повысилась до 30 см
2004 г.	Точность позиционирования составляла до 10 см

В настоящее время существует множество широкозонных, региональных и локальных дифференциальных систем спутниковой навигации. В мире распространены следующие системы дифференциальных поправок: американская WAAS, европейская EGNOS, японские MSAS и QZSS, индийская GAGAN. Эти системы используют геостационарные спутники для передачи поправок всем потребителям, находящимся в зоне их покрытия (2000–5000 км²). Диапазон рабочей зоны региональных систем составляет от 400 до 2000 км². Локальные системы имеют максимальный радиус действия 50–200 км. Сервисы DGPS условно можно разделить на два типа: наземный и спутниковый. Они в свою очередь могут быть бесплатными и платными. На территории России основными видами спутниковых бесплатных дифференциальных поправок являются системы: EGNOS (только европейская территория России, не включая Южный федеральный округ и Поволжье), обеспечивающая точность радиуса действия 40–50 см; StarFire 1 (фирма John Deere) работает только с фирменным оборудованием и обеспечивает точность 35 см. Среди платных систем коррекции следует отметить спутниковые дифференциальные сервисы Omnistar,

предусматривающие несколько видов поправок: Omnistar VBS с точностью 15–20 см, Omnistar HP/XP – 8–10 см, а также StarFire 2 – 10–18 см [82].

К платным наземным поправкам относят системы RTCM и RTK, позволяющие добиться точности 50 и 2–5 см соответственно. Для RTK-режима требуются два специализированных GPS-приемника и два радиомодема. Один приемник, являясь базовой станцией, передает поправку в виде сообщения подвижному приемнику. Оба приемника получают дополнительные данные со GPS-спутников по каналу L2, что способствует повышению точности. Такие поправки передаются по радиоканалу в радиусе 11 км от базовой станции и ограничиваются мощностью передатчика и рельефом местности. Поправки, которые формируются специальным программным обеспечением, встроенным в GPS-приемник, называются внутренними. Они способствуют точности движения сигналов по параллельным рядам от 20 до 30 см. Для этих поправок характерен так называемый «дрейф» позиции (снижение точности с течением времени), который устраняется с помощью периодической коррекции базовой линии. Наиболее масштабной системой спутникового позиционирования является американская система GPS NAVSTAR, которая обеспечивает предоставление услуг в глобальном масштабе. На момент создания она состояла из 24 непрерывно работающих спутников, расположенных в 6 орбитальных плоскостях по 4 спутника в каждой (высота орбит – 20180 км). На сегодняшний день в составе орбитальной группировки GPS в штатном режиме используют 31 навигационный спутник, один находится на этапе ввода в систему. Каждый спутник передает радиосигнал, содержащий данные о местоположении, времени сигнала, основных параметрах спутника и наземных станций слежения, объединенных в общую сеть [82].

В 1995 г. в России была создана глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС, состоящая из 24 спутников, расположенных в трех плоскостях (по восемь спутников и по одному резервному в каждой), высота

орбит составила 19,4 тыс. км. В настоящее время по целевому назначению используют 23 навигационных спутника, один временно выведен в связи с техническим обслуживанием, в орбитальном резерве находятся три спутника, на этапе летных испытаний – один. Навигационная спутниковая система ГЛОНАСС обеспечивает решение навигационных и координатно-временных задач в интересах как специальных, так и гражданских потребителей (рисунок 3). В отличие от системы GPS, реализующей кодовое разделение сигналов, в системе ГЛОНАСС используют частотное разделение сигналов.

Если в системе GPS применяют две частоты передачи сигналов, то в системе ГЛОНАСС – два диапазона частот. По аналогии с системой GPS диапазон частот сигнала ГЛОНАСС стандартной точности называют диапазоном L1, а высокой точности – L2 [82, 83].

Европейская глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) Galileo находится на этапе создания. Основными направлениями деятельности данного проекта являются разработка орбитальной группировки, ее развертывание и построение наземного сегмента. Она будет состоять из 27 навигационных спутников, расположенных в трех плоскостях на высоте около 24000 км, и совмещаться с системами GPS и ГЛОНАСС. В 2011 г. первые два спутника европейской глобальной навигационной системы были выведены на орбиту.

Система Galileo является ГНСС второго поколения и будет управляться частным оператором – Galileo Operating Company, находящимся под контролем Европейского агентства по ГНСС (GSA). В отличие от GPS и ГЛОНАСС, предлагающих два типа навигационных сигналов (открытый, общедоступный SPS и закрытый высокой точности PPS у GPS и сигналы СТ и ВТ – у ГЛОНАСС), система Galileo будет предоставлять пять видов навигационных сигналов. Они будут предназначены провайдером услуг с учетом добавленной стоимости (VAS) и конечным пользователям непосредственно [82].



Рисунок 3 – Состав спутниковой системы

Это открытый сервис (OS), коммерческий сервис (CS), сервис обеспечения безопасности человеческой жизни (SLS), сервис для государственных нужд (PRS) и сигналы системы поиска и спасения (SAR). Открытый сервис будет предоставляться бесплатно по аналогии с GPS SPS, а коммерческие SLS и PRS-сервисы – оплачиваться. Китайская национальная навигационная система BeiDou (COMPAS) эксплуатируется с декабря 2012 г. и продолжает развиваться. На орбиту выведены 16 навигационных спутников, из них по назначению используются 11. В соответствии с планом развития система будет полностью развернута к 2020 г. К этому времени в ее состав должны войти 5 геостационарных спутников, 27 спутников, расположенных на средних орбитах, и 3 аппарата – на геосинхронных орбитах. Точность позиционирования системы для гражданских пользователей составит 10 м, а точность передачи сигналов – 0,2 м/с. Индийская региональная навигационная спутниковая система IRNSS также находится в состоянии разработки и в отличие от глобальных систем будет ориентирована на решение более конкретных и выполнимых региональных задач. Первый спутник был запущен в 2008 г. Всего система IRNSS включает семь спутников [82].

Квазизенитная спутниковая система QZSS развивается космической промышленностью Японии с 2010 г., когда на орбиту был выведен первый спутник системы «Michibiki», а до конца 2017 г. – еще три спутника. Два аппарата размещены на наклонных орбитах, один спутник – на геостационарной орбите над экватором. Региональная система спутниковой навигации предназначена для мобильных приложений, предоставления услуг связи (видео, аудио и другие данные) и глобального позиционирования. Сигналы QZSS будут охватывать Японию и западную часть Тихого океана. Ожидается, что внедрение QZSS позволит повысить эффективность решения навигационных задач. Системы спутниковой навигации развиваются в направлении повышения точности, совершенствования предоставляемого пользователям сервиса, увеличения срока службы и надежности бортовой аппаратуры спутников, достижения максимальной совместимости с другими

радиотехническими системами и формирования дифференциальных подсистем [82].

Географическая информационная система (ГИС) обеспечивает сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных. ГИС предназначены для решения научных и прикладных задач инвентаризации, анализа, оценки, прогноза и управления окружающей средой и территориальной организацией общества. Они позволяют создавать базы данных с пространственной информацией. Геоинформационные технологии – это совокупность приемов, способов и методов применения программно-технических средств обработки и передачи информации, позволяющих реализовать функциональные возможности геоинформационных систем. Они включают: методы дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), системы управления базами данных (СУБД), системы глобального позиционирования (GPS), методы анализа, интернет-технологии, системы картографирования, методы цифровой обработки изображений. Геоинформационные технологии применяются для составления тематических карт хозяйства, таких как карты использования земель, уклонов территории и экспозиций склонов, климатических и гидрологических условий, типов и характеристик почв, агрохимических данных, текущего состояния растений, урожайности и др. На основе анализа данных, представленных на перечисленных картах, осуществляется оценка агроклиматических условий данного хозяйства, необходимости внесения удобрений и возможности выращивания конкретной сельскохозяйственной культуры. Обязательными модулями геоинформационной системы (ГИС) являются: графические и тематические базы данных; преобразование систем координат и трансформация картографических проекций; система управления, анализа и моделирования, система вывода и предоставления данных; взаимодействие с пользователем (рис. 4) [16, 82].



Рисунок 4 – Общая схема функционирования геоинформационной системы

Важным компонентом ГИС являются данные двух основных типов: пространственные (картографические, векторные), описывающие положение и форму географических объектов, и их пространственные связи с другими объектами, и описательные (атрибутивные, табличные) – данные о географических объектах, состоящие из наборов чисел, текстов и т.д. В зависимости от сложности задач и функционального предназначения ГИС может иметь мощное программное обеспечение и обрабатывать большие объемы информации, поступающей из разных источников. К таким ГИС относят AutoCad, ArcInfo, Arc View и др.

В сельскохозяйственном производстве используют упрощенные, менее мощные по программному обеспечению (настольные) ГИС, включающие в себя персональный компьютер и требуемый набор пакетов программ, способных обрабатывать пространственно распределенную информацию и составлять карты, учитывающие свойства почв, урожайность культур и др. Среди них зарубежные ГИС – MapInfo, ArcGIS, AtlasGIS, WinGIS, MGE, MapPoint и отечественные – GeoDraw, Sinteks ABRIS, ГИС «Хозяйство»,

«Панорама АГРО», «Карта 2011», мобильная ГИС электронного учета сельскохозяйственных земель «ГЕОУчетчик», информационно-аналитическая система «ГЕО-Агро», ГИАС «Управление сельскохозяйственным предприятием» и др. Зарубежные разработки ГИС на российском рынке представлены давно, но из-за их высокой стоимости, а также отсутствия достаточного количества специалистов, умеющих с ними работать, при их использовании возникают определенные трудности. Отечественные программы получили более широкое применение. Разработкой и внедрением ГИС занимаются следующие компании: ЗАО «ИЦ Геомир», ЦГИ ИГРАН, ООО «Агро», КБ «Панорама АГРО», ЗАО «Ракурс», ООО «Интеко-АГРО», ВИМ и др. [82]

Основным источником информации для составления прогнозов урожайности служат результаты полевых обследований состояния посевов сельскохозяйственных культур и определение урожайности на отдельных участках поля с обязательной географической привязкой полученных данных. Для измерения урожайности в процессе движения уборочной техники используют специальное оборудование, которое может отражать такие показатели, как урожайность, влажность и масса собранного зерна, обработанная площадь. В состав этого оборудования входят датчики (оптический датчик объема зерна в бункере, датчик влажности зерна, датчик поперечных и продольных отклонений и др.), представляющие собой набор сенсоров, GPS-приемник, электронно-вычислительный модуль определения урожайности, бортовую информационную систему, карточку памяти, калибратор. GPS-приемник определяет координаты комбайна на поле, которые записываются одновременно с сигналами датчиков урожайности зерна, через определенные промежутки времени. После компьютерной обработки данных создается детальная пространственно ориентированная карта урожайности убранного поля с выделенными определенным цветом участками, отличающимися по урожайности. Погрешность при определении

урожайности составляет 3-8%. Полученную карту используют для выявления проблемных зон и неравномерности распределения урожая в пределах поля, определения необходимого количества почвенных проб при последующем агрохимическом обследовании, исследования причин снижения урожайности (дефицит питательных веществ, уплотнение почвы, зараженность сорняками и др.), принятия агрономических и управленческих решений, экономической оценки. На карте можно отобразить информацию о влажности зерна, скорости и пути движения комбайна и др. По данным компьютерного мониторинга урожайности составляют план агрохимического обследования полей, на основании которого осуществляют дифференцированное внесение удобрений и проводят обработку химическими средствами защиты растений. Для картирования полей используют специальные многофункциональные компьютерные программы. Среди них следует отметить немецкую программу Agro-Net NG (фирма Agrosom). Данное программное обеспечение на базе геоинформационной системы относится к классу ERP-систем. Оно предназначено для агроменеджеров растениеводческих сельхозпредприятий, управляющих хозяйством с применением технологий точного земледелия, и включает в себя следующие основные модули: карты и схемы участков, землеуправление, арендное управление, картирование урожайности, производственную документацию, ГИС и растровые карты, дистанционное обслуживание средствами интернет-технологий (рис. 5) [82].

В рамках программы Agro-Net NG можно создавать базы данных, включающие информацию по всем полям, персоналу, машинам, культурам, питательным веществам, удобрениям, а также многослойные карты полей с возможностью редактирования границ, разбивки полей на участки; планировать мероприятия по каждому полю с последующим отображением на карте; обмениваться данными с бортовыми и карманными компьютерами и экспортировать их в программу 1С.



Рисунок 5 – Основные модули программы Agro-Net NG

Программа Agro-Map (ООО «ЭКО-Разум») позволяет создавать карты урожайности, подготавливать задания для дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений, проводить статистический анализ данных по уборке урожая, планировать точки взятия проб для агрохимического обследования и производить последующий учет результатов. В нее входят: отображение, редактирование, печатание текстовой и графической информации, импорт и экспорт данных измерений различных производителей, соединение с карманным компьютером для синхронизации данных и их последующего использования агрономами [82, 83].

Технологию дифференцированного внесения материалов применяют в основном при таких технологических операциях, как внесение удобрений и средств защиты растений. Согласно этой технологии, предусматривается корректировка нормы внесения питательных веществ и средств защиты растений в зависимости от ситуации на каждом отдельном участке поля. Традиционная технология предполагает внесение одной усредненной дозы удобрений для всего обрабатываемого поля, без учета особенностей рельефа, почвенного покрова, показателей освещенности, температуры почвы, необходимого количества влаги, минеральных и органических веществ на

каждом участке. Современные способы внесения удобрений должны удовлетворять требованиям экологической безопасности, обеспечивать точное внесение требуемой дозы удобрения в зависимости от различных агрофизических, агрохимических, фитосанитарных и других показателей, характерных для этого участка. В наибольшей степени этим требованиям отвечает технология дифференцированного внесения удобрений, которая является основным структурным элементом точного земледелия. Работа по данной технологии осуществляется в двух основных режимах: on-line (режим реального времени) и off-line (на основе готовой карты поля). К преимуществам технологии точного земледелия относится возможность электронной записи и хранения информации по истории проведения полевых работ и урожаев, что помогает как при последующем принятии решений, так и при составлении отчетности о производственном цикле. В режиме off-line предусматривается предварительное проведение агрохимического обследования и создания карт обеспеченности почвы элементами питания, на которых наглядно представлено распределение по площади поля пространственно обусловленных элементов питания, их неоднородное количественное содержание. Анализ накоплений информации после картирования полей с использованием GPS-приемника осуществляется с помощью соответствующих программ (SMS, SSToolBox, Agro-Map, Агроменеджер, ЛИССОЗ и др.), которые позволяют сначала рассчитывать дозы вносимых минеральных удобрений под планируемую урожай на каждом участке поля, а затем их нормы в физическом весе. Эти программы создают карту-задание для дифференцированного внесения удобрений, которая переносится на носителе информации в бортовой компьютер сельскохозяйственной техники, оснащенной GPS-приемником. При движении трактора по полю бортовой компьютер считывает с чип-карты информацию о внесении необходимой дозы удобрений, соответствующую месту нахождения, подает сигнал на контроллер машины для внесения удобрений. Последний в

свою очередь, получив сигнал, выставляет на распределителе удобрений нужную дозу. В этом режиме удобно вносить основное удобрение. В режиме on-line, который обычно используют для подкормки растений, доза удобрений рассчитывается непосредственно во время операции за один проход техники по полю. Сенсорные датчики в реальном времени определяют основные параметры состояния почв, плотность травостоя и его жизнеспособность, содержание хлорофилла в листьях и биомассу растений. Информация передается на бортовой компьютер трактора, управляющего дозирующей системой машины для внесения удобрений. С помощью соответствующего программного обеспечения происходит обработка данных, после чего определяются необходимые для внесения дозы удобрений и посылается сигнал на контроллер по той же схеме, что и в режиме off-line [82].

В аграрных ГИС основополагающими данными являются карты полей масштаба 1:10000. Эти карты могут создаваться с использованием различных технических и программных средств. Максимально точное и полное представление о сельскохозяйственных угодьях можно получить с помощью использования данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). Эта технология позволяет получать информацию о поверхности Земли и объектах, расположенных на ней, атмосфере, океанах, верхнем слое земной коры бесконтактными методами, когда регистрирующий прибор удален от объекта исследований на значительное расстояние.

Общей физической основой дистанционного зондирования является функциональная зависимость между зарегистрированными параметрами собственного или отраженного излучения объекта, его биогеофизическими характеристиками и пространственным положением. Суть метода заключается в интерпретации результатов измерения электромагнитного излучения, которое отражается либо излучается объектом и регистрируется в некоторой удаленной от него точке пространства. Процесс сбора данных

дистанционного зондирования и их использования в географических информационных системах схематически представлен на рисунке 6 [82, 83].

Методы дистанционного зондирования основаны на применении сенсоров, которые размещены на космических аппаратах и предназначены для регистрации электромагнитного излучения в форматах, существенно более приспособленных для цифровой обработки, и в более широком диапазоне электромагнитного спектра. В большинстве методов ДЗЗ используют инфракрасный диапазон отраженного излучения, тепловой инфракрасный и радиодиапазон электромагнитного спектра.

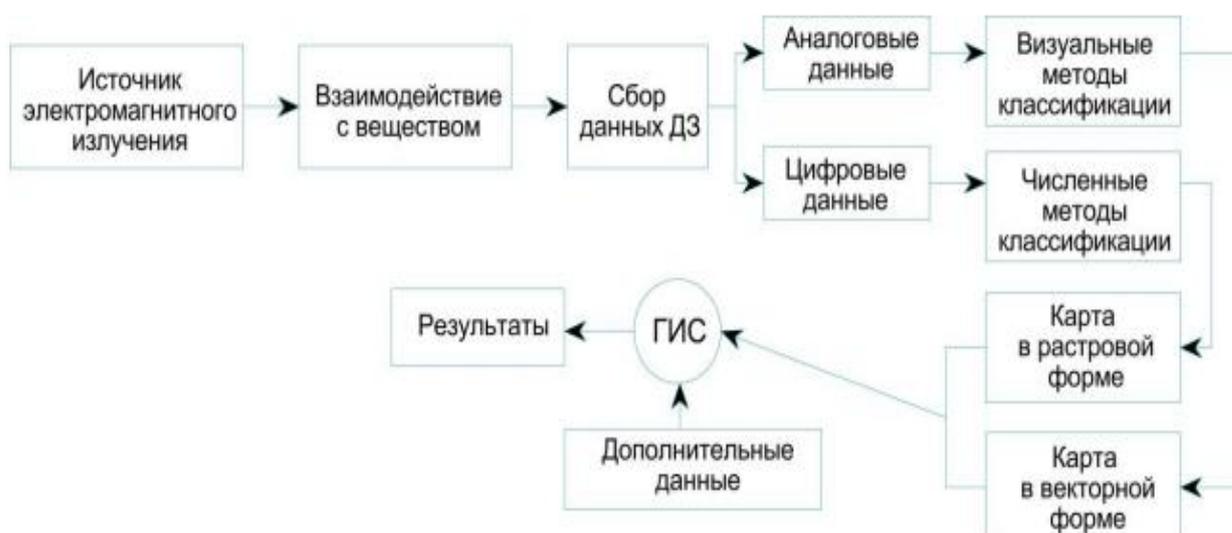


Рисунок 6 – Основные модули программы Agro-Net NG

Основополагающим методом дистанционного зондирования является аэрокосмическое зондирование, основанное на использовании аэрокосмических снимков. Это двумерное изображение реальных объектов, которое получено по определенным геометрическим и радиометрическим (фотометрическим) законам путем дистанционной регистрации яркости объектов, предназначено для исследования видимых и скрытых объектов, явлений и процессов окружающего мира, а также для определения их пространственного положения. Аэрокосмические снимки получают с помощью технических средств малой авиации (самолеты типа Ан-2, Ан-30,

Cesna, L-410; вертолеты типа Ми-8Т, Ка-26), беспилотной авиационной системы (беспилотный летательный аппарат (БПЛА) в совокупности с его приборным оснащением) или со спутников (Ресурс-ДК1, WorldView-1, WorldView-2, GeoEye-1, QuickBird, IKONOS, Pleiades-1A, Pleiades-1B, ALOS (Prism, Avnir-2), RapidEye, CARTOSAT-1, CARTOSAT-2, RESOURCESAT-1, ALOS (PALSAR), Radarsat-1, Radarsat-2, TerraSAR-X, COSMO-SkyMed-1-4 и др). Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) – это летательный аппарат без экипажа на борту, оснащенный двигателем и имеющий полезную нагрузку и продолжительность полета, достаточные для выполнения специальных задач. В его программно-приборное оснащение входят интегрированная навигационная система, приемник спутниковой навигационной системы, накопитель полетной информации. БПЛА запускается вручную, взлетает, садится в автоматическом режиме по заранее спланированному в ГИС маршруту и выполняет цифровую съемку местности. Каждый снимок сопровождается полным набором цифровой информации (географические координаты центральной точки снимка, высота съемки, угол экспонирования) и телеметрических данных для переноса и использования в ГИС-системах [16, 82, 83].

БПЛА могут работать в ручном режиме управления с помощью дистанционного пульта управления, а также в автоматическом и полуавтоматическом режимах. Автоматическое управление обеспечивает возможность полностью автономного полета БПЛА по заданной траектории, на заданной высоте, с заданной скоростью и со стабилизацией углов ориентации. Оно осуществляется с помощью бортовых программных устройств. При полуавтоматическом управлении полет совершается автоматически с помощью автопилота по первоначально заданным параметрам. Однако оператор может вносить изменения в маршрут в интерактивном режиме. Применение БПЛА, по сравнению с аэрофотосъемкой, проводимой с помощью самолетов, имеет следующие

преимущества: возможность съемки с небольших высот и вблизи объектов; оперативное получение снимков высокого разрешения; возможность применения в зонах чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья пилотов. Для выполнения космических снимков используют разнообразные космические носители. В настоящее время увеличивается число коммерческих космических аппаратов, особенно зарубежных марок, функционирующих на орбитах. Наибольшее распространение получили снимки, выполняемые ресурсными спутниковыми системами Landsat (США), SPOT (Франция), IRS (Индия), картографическими спутниками ALOS (Япония), Cartosat (Индия), спутниками сверхвысокого разрешения Ikonos, QuickBird, GeoEye (США), в том числе радиолокационными TerraSAR-X и TanDEM-X (Германия), последовательно выполняющими интерферометрическую съемку. Успешно эксплуатируется система спутников космического мониторинга RapidEye (Германия) [23, 82].

В системе дистанционного мониторинга земель АПК России используются следующие виды данных:

1. Спутниковые данные низкого пространственного разрешения NOAA/AVHRR (1 км) SPOT/Vegetation (1 км) Terra/MODIS (0,25–1 км), периодичность съемки – один раз в сутки.

2. Данные среднего пространственного разрешения Landsat ETM+ (28 м) SPOT/HRV/HRVIR (10–20 м).

3. Мультиспектральные данные ДЗЗ, получаемые сенсором MODIS, который имеет 36 каналов с 12- битным радиометрическим разрешением в видимом, ближнем, среднем и дальнем инфракрасном диапазонах. Полученные данные используют для оценки состояния растительности и прогноза урожайности на федеральном уровне. Для обеспечения информационной поддержки работы Минсельхоза России создана система дистанционного мониторинга земель агропромышленного комплекса (СДМЗ АПК). Она предназначена для сбора, обработки и интерпретации данных

спутниковых систем ДЗЗ, мониторинга основных параметров землепользования, оценки условий и динамики развития сельскохозяйственных культур, прогноза урожая в основных зерносеющих регионах России [82].

Применение технологий точного земледелия требует дополнительных затрат, среди которых можно выделить категории:

- на сбор данных (карты, глобальные системы позиционирования, сенсоры);
- на мониторинг данных (техника и программное обеспечение);
- на специальную технику для точного выполнения агроприемов и осуществления навигации (ГСП-управляемые машины и оборудование для дифференцированной обработки почвы, посева, внесения удобрений, средств защиты растений и др.).

При внедрении системы технологий точного земледелия необходимо учитывать предполагаемые затраты на каждую из них и многочисленные факторы и обстоятельства, которые в итоге обеспечивают эффект. Обобщенные данные мирового опыта по отдельным технологиям точного земледелия приводятся в таблице 2 [40].

Одни категории затрат реализуются один раз в 5–10 лет, другие – ежегодно. Привлекательность технологий точного земледелия, как и других технологических инноваций, на практике определяется экономической эффективностью на примере сельскохозяйственного предприятия. При анализе экономической эффективности применения элементов точного земледелия сопоставляют затраты на покупку техники и другие производственные издержки с уровнем снижения затрат или прибавкой урожайности по сравнению с традиционными технологиями. Использование экономического анализа в технологии точного земледелия ограничено трудностями, связанными с идентификацией и количественным учетом как положительных, так и отрицательных эффектов.

Таблица 2 – Технологии точного земледелия

Технология	Дополнительные затраты	Эффект
Параллельное вождение	Автоматическая система управления; исполнительная карта; программное обеспечение; затраты на обучение персонала	Экономия времени; экономия топлива; водитель может выполнять другие задачи; повышение общей производительности и качества работы
Дифференцированный посев	Почвенные карты; сеялка для дифференцированного посева, изменения глубины и плотности; системы DGPS/RTK	Повышение урожайности за счет лучшей плотности семян и их распределения; снижение затрат на семена
Дифференцированное внесение удобрений	Система дифференцированного внесения удобрений; встроенная система ГИС; аэрофотоснимки, картирование урожайности, пробы почв, карта почвы, затраты на обучение персонала	Повышение урожайности; экономия времени; экономия удобрений
Дифференцированное опрыскивание по карте сорняков	Комплексный инжекторный распылитель; пробы почвы (карта почвы); Затраты на обучение персонала; составление карты сорняков с автономными системами отображения сорняков	Экономия гербицидов; экономия времени; повышение урожайности
Дифференцированное орошение	Программное обеспечение управления водопользованием; поливной трубопровод системы капельного орошения; датчики	Экономия воды; экономия питательных веществ
Дифференцированная обработка почвы по почвенным картам	Почвенные карты; датчики для определения состава почвы; рабочие органы	Повышение урожайности; экономия энергии; экономия времени; улучшение эффективности машины
Измерение содержания хлорофилла в сельскохозяйственных культурах перед уборкой урожая	Датчики для составления карт содержания хлорофилла в растениях; составление карт урожайности	Повышение качества продукции; оптимальный период начала уборки; улучшение качества зерна при оптимальном содержании влаги
Логистика уборки урожая	Единая система управления транспортными средствами; новая система транспортных средств; карты урожайности; Логистическая система оптимизации; вспомогательные программные средства составления временного графика уборки урожая	Повышение урожайности; оптимизирование сбора урожая; экономия топлива; снижение содержания влаги в зерновых культурах; Экономия времени при транспортировке
Управление информацией	Программное обеспечение обработки карт полей	Сокращение времени и затрат на поиск рабочей силы; повышение качества полученных данных

В частности, к таким положительным эффектам относят:

- снижение нагрузки и упрощение рабочего процесса для механизаторов за счет автоматизации технологических операций;
- повышение эффективности сбыта продукции вследствие прозрачности и доступности для контроля всего производственного процесса;
- более качественное управление агротехнологиями на основе информационной базы в целом, улучшение условий оптимизации менеджмента как отдельных производственных процессов, так и всего хозяйства [46].

Однако трудно учесть затраты, связанные с повышением квалификации руководителей и рабочих, а также освоением новых специальных знаний на начальных этапах работы с новой техникой и современными технологиями. При внедрении технологии точного земледелия руководителям и специалистам сельскохозяйственных предприятий необходимы дополнительные профессиональные знания для управления технологическим процессом.

Большинство современных подходов к экономическому анализу технологии точного земледелия сводится к оценке применяемой техники и соответствующих технологий при выращивании отдельной сельскохозяйственной культуры. Вместе с тем очевидно, что общий агроэкономический эффект от интеграции технологий точного земледелия в масштабах хозяйства с учетом синергетических эффектов будет более высоким по сравнению с применением отдельных технологических комплексов. Следует выделить основные факторы, определяющие динамику материальных и трудовых затрат (посевной материал, удобрения, средства защиты растений, горючее, затраты труда и др.) и повышение урожайности сельскохозяйственных культур:

- неоднородность полей по плодородию почв – чем она выше относительно оптимальных условий для роста и развития культурных

растений, тем больше возможности для экономии производственных ресурсов и повышения урожайности;

- интенсификация производства – экономическая эффективность точного земледелия повышается при более высоком уровне интенсификации производства за счет снижения затрат средств производства;

- размер хозяйства или площадей, на которых проводятся дифференцированные мероприятия – с увеличением обрабатываемого участка в системе точного земледелия снижаются затраты на единицу площади, так как при этом постоянные издержки распределяются на большую территорию [48].

С учетом того, что у каждой машины существует свой предел производительности по площади, при его превышении требуются дополнительные затраты. Переменные затраты не изменяются, а в отдельных случаях могут возрастать.

Для небольших хозяйств технологии точного земледелия, как правило, только тогда экономически выгодны, если они не приобретают сами необходимую технику, а используют услуги сервисных фирм. Кроме того, на экономическую эффективность технологий точного земледелия оказывают влияние:

- ассортимент выбранной техники, полнота ее технологического использования и уровень интеграции в хозяйстве;

- рациональное использование технологического комплекса в рамках управления предприятием.

Кроме того, определенное значение имеют факторы, которые непосредственно не зависят ни от агроэкологических и других показателей полей или в целом хозяйств, ни от организации системы менеджмента, например:

- цены на отбор и обобщение исходного информационного массива;
- цены на средства производства;

- цены на производимую сельскохозяйственную продукцию.

В отличие от других современных инновационных процессов, как, например, генной инженерии, отношение населения и потребителей к точному земледелию, как правило, положительное или нейтральное. Повышается наукоемкость сельскохозяйственного производства и привлекательность сельскохозяйственных профессий, особенно среди молодого поколения фермеров и специалистов. Однако технологии точного земледелия внедряются в сельскохозяйственную практику сравнительно медленно. Проводимый опрос руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий выявил следующие основные причины сдержанного отношения к технологиям точного земледелия:

- значительный дефицит информации о его преимуществах;
- недостаточная совместимость техники, отсутствие технического нормирования интерфейсов;
- сомнения в функциональности и надежности техники, особенно электронных систем;
- недостаточная поддержка при адаптации программного обеспечения точного земледелия соответствующими фирмами;
- большие затраты времени для освоения новых технологий, повышения квалификации и дополнительные расходы на управление агротехнологиями;
- опасение несанкционированного использования компьютерных баз данных.

Приведем простой пример получения экономического эффекта от использования комплексных технологий. Например, возьмем поле площадью 100 га и посчитаем все затраты на выращивание озимой пшеницы. Получим сумму в 1,5 млн руб. Далее с учетом полученной урожайности 50 ц/га и рыночной стоимости 8000 руб./т вычитаем затраты, и чистая маржинальная прибыль будет порядка 2,5 млн руб. Если бы нами были применены системы

параллельного вождения, спутниковый мониторинг определения неоднородности для последующего дифференцированного внесения удобрений, то добавленная стоимость увеличилась бы минимум на 20%, а это составляет 500 тыс. руб. только с одного поля. Незначительные потери не заметны в масштабе небольшого хозяйства, но если оно большое, то и потери становятся огромной проблемой [46, 79].

Внедрение технологии точного земледелия обеспечивает получение положительных экологических эффектов за счет дифференцированного применения химических средств защиты растений на отдельно взятых полях с учетом их дифференциации по плодородию почв и другим условиям роста и развития растений. При этом достигаются экономия материально-технических ресурсов за счет более рационального их использования и положительный экологический эффект. Однако его количественная оценка затруднена вследствие объективных причин, в частности:

- комплексный характер мероприятий по внедрению технологии точного земледелия и их воздействие на агроэкосистемы затрудняют определение экологической эффективности (снижение затрат средств производства – горючее, удобрения, средства защиты растений и др.);

- экологическая обусловленность технологии точного земледелия ландшафтными и климатическими условиями представляет возможность обобщения результатов, полученных в ходе проведения опытов по точному земледелию и использования их в других регионах с близкими агроэкологическими условиями;

- положительные экологические эффекты от внедрения технологий точного земледелия определяются особенностями их применения на практике. Однако они не получили широкого распространения, и достаточно затруднительно получить конкретные данные о реальном масштабе, подтверждающие их эффективность. Кроме того, получение экологического эффекта зависит от уровня интенсификации хозяйства. Чем он выше, тем

значительнее экологический эффект от использования технологий точного земледелия;

– результат оценки экологического эффекта точного земледелия в значительной степени зависит от выбора технологий или систем хозяйствования, с которыми сравнивают технологии точного земледелия.

При этом очевидно, что они различаются и в количественном выражении в зависимости от уровня интенсификации и экологизации выбранных для сравнения агротехнологий. В научной литературе экологические эффекты от применения технологий точного земледелия определяют при сравнении дифференцированной обработки отдельно взятого поля с традиционными сплошными обработками без учета различий по плодородию, но при одинаковом уровне прикладываемых усилий. Снижение интенсивности обработки почвы с учетом дифференциации глубины в пределах отдельно взятого поля обеспечивает прежде всего возможность сокращения расхода горючего. Экологический эффект от применения дифференцированной технологии посева в зависимости от неоднородности поля в целом, вероятно, ниже по сравнению с дифференцированной обработкой почвы, а его количественная оценка гораздо сложнее. В результате обеспечивается экономия посевного материала, удобрений и средств защиты растений, а также снижается потребность в посевных площадях.

Очевидно, что экологический потенциал этого элемента технологии точного земледелия невысок. Дифференцированное внесение удобрений имеет, несомненно, более высокий положительный экологический эффект. При уменьшении расхода удобрений в связи с дифференцированным их внесением можно ожидать снижение совокупного отрицательного влияния на внешнюю среду, как при их производстве, так и при внесении. При этом сокращаются расход невозобновляемых энергетических ресурсов, а также поступление содержащихся в удобрениях тяжелых металлов (урана, кадмия) в почву. Количественная оценка этих эффектов затруднительна. Кроме того, в

ряде случаев применение технологий точного земледелия связано с увеличением доз вносимых удобрений с целью повышения экономической эффективности адаптивно-ландшафтного земледелия. Эффективное управление популяциями агроценозов обеспечивает повышение уровня их саморегулирования. Благодаря этому применение технологии точного земледелия открывает дополнительные возможности для управления резистентностью популяций вредных организмов к средствам защиты растений. На практике можно реализовать рассмотренные стратегии борьбы с сорняками. Очевидно, что технология точного земледелия является основным инструментом для практической реализации мероприятий охраны ценных агроландшафтов и обеспечения экологической стабильности в пределах отдельно взятого поля и соседних биоценозов в рамках реализации стратегий адаптивно-ландшафтного земледелия. В результате открываются дополнительные возможности для охраны редких видов дикой флоры и фауны. Воплощение на практике экологического потенциала точного земледелия во многом зависит от выбора государственной агротехнологической политики и законодательных актов.

1.3. Зарубежный опыт использования технологий точного земледелия

США

Современное сельское хозяйство США стоит перед тремя глобальными вызовами:

– реальные урожаи сельскохозяйственных культур далеки от биологического потенциала: рекордный урожай силосной кукурузы (2011 год) составил 269 ц/га, а средний урожай фермеров – 113 ц/га.

– использование сельскохозяйственной техники в большинстве случаев недостаточно эффективно: в странах Европы наработка на трактор достигает 2000 часов, а в США – 1000 часов.

– растет объем знаний, требуемых для повышения эффективности земледелия.

Согласно отчету Министерства сельского хозяйства США, за 2016 год при выращивании кукурузы и сои более 50% сельскохозяйственных предприятий США использовали картографические системы на базе GPS, включая мониторы урожайности.

К элементам точного земледелия, которые в настоящее время находят практическое применение в США, можно отнести:

- определение границ поля с использованием GPS;
- дистанционное зондирование (аэро- или спутниковые фотосъемки);
- системы параллельного вождения агрегатов;
- локальный отбор проб в системе координат;
- составление карт электропроводности почв;
- составление карт урожайности;
- дифференцированное внесение удобрений, извести, средств защиты растений;
- дифференцированная механическая обработка почвы;
- дифференцированный посев;
- дифференцированное внесение азота и регуляторов роста;
- мониторинг фитосанитарного состояния посевов (сорняки, болезни, вредители);
- мониторинг урожайности с использованием GPS;
- мониторинг качества урожая.

Системы автоматизированного управления и навигации применяли примерно 33% фермерских хозяйств, а технологии дифференциального внесения агрохимикатов использовали 16-26% фермеров.

Германия

Определение «умного земледелия» – применение технологий и принципов для управления пространственной и временной изменчивостью, связанной со всеми аспектами сельскохозяйственного производства, с целью повышения урожайности и качества окружающей среды (Pierce & Nowak 1999).

Основные элементы:

- географическое позиционирование (GNSS);
- система поддержки принятия решений;
- точное внесение/технология обработки, например, дифференцированная обработка и точное земледелие.

Цифровизация сельского хозяйства Германии

- основано 14 «экспериментальных полей»;
- финансирование осуществляет Федеральное министерство продовольствия и сельского хозяйства Германии;

Экспериментальное поле «DiWenkLa» (рис. 7)

- Фокус: потенциал цифровых технологий призван повысить устойчивость сельского хозяйства на земле «Baden-Württemberg»;
- Партнеры: Университет Нюртингена-Гайслингена (Nuertingen-Geislingen University), Университет Хоенхайм (Hohenheim University), Федеральные исследовательские институты (State Research Institutes), Индустриальные партнеры (Companies & Farms);
- Ключевые области: производство зерновых, выращивание овощей, пастбища, скотоводство и коневодство;
- Срок проекта: март 2020 – март 2023 гг.

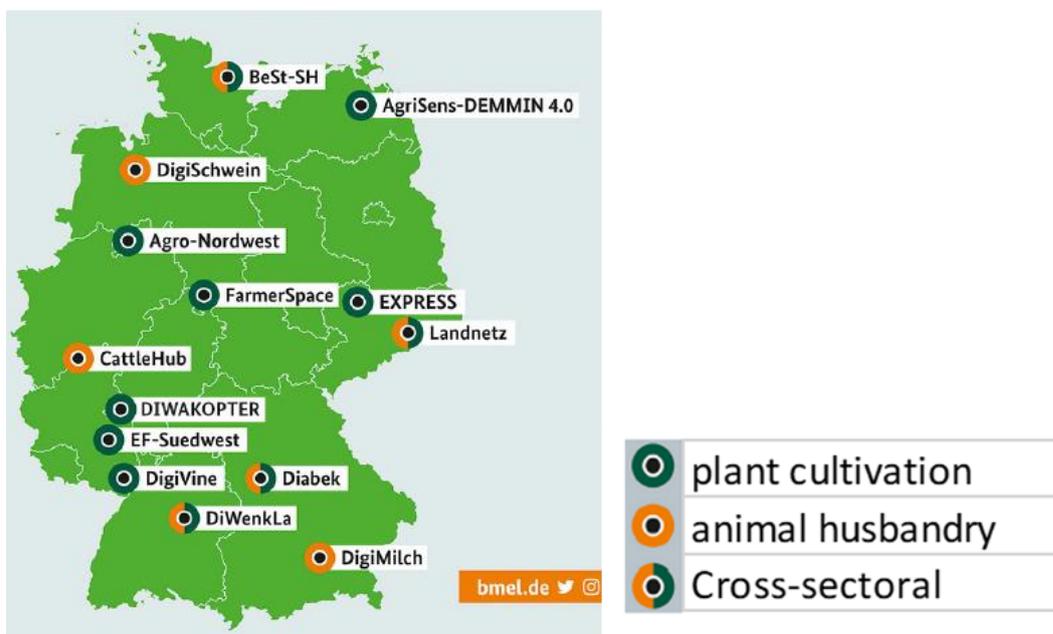


Рисунок 7 – Цифровизация сельского хозяйства Германии

Казахстан

Регулирование точного сельского хозяйства в Казахстане осуществляется государственной программой «Цифровой Казахстан» (Постановление Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827). Частично, элементы программы представлены на рисунках 8 и 9.



Рисунок 8 – Цифровизация пространственных данных Республики Казахстан



Рисунок 9 – Технологическое перевооружение АПК Республики Казахстан

Израиль

Основные применяемые технологии в Израиле представлены в обзоре компании Sensilize.

1. Полевой ретроспективный анализ (рис.10).

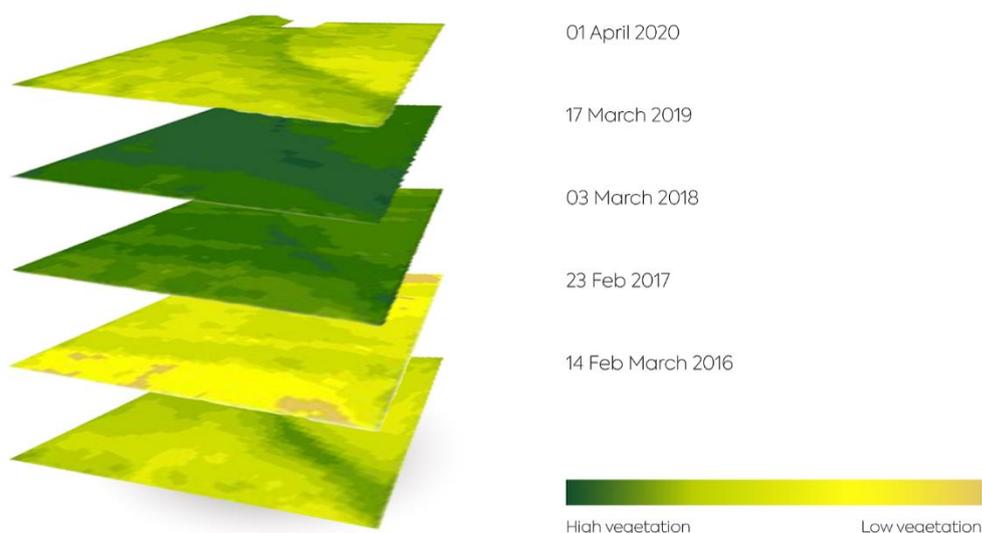


Рисунок 10 – Полевой ретроспективный анализ

Ретроспективный анализ полей (исторический анализ посевов) позволяет лучше узнать поле: севооборот, историческую динамику развития посевов, менее и более продуктивные зоны. Если мы видим, что каждый год возникают одни и те же проблемы в одной области поля, мы находим лучший вариант, как их решить. Если у вас есть полная информация об изменении вегетации растений в течение длительного периода времени, вы можете внести изменения в технологические операции до того, как возникнут какие-либо проблемы с урожаем.

2. Картографирование ландшафта (рис. 11)

Картирование ландшафта дает объяснение причин различий в развитии растений в поле. Цифровая модель рельефа показывает направление стока, области потенциального затопления, повторное разделение питательных веществ, средства защиты растений, а также индекс влажности.

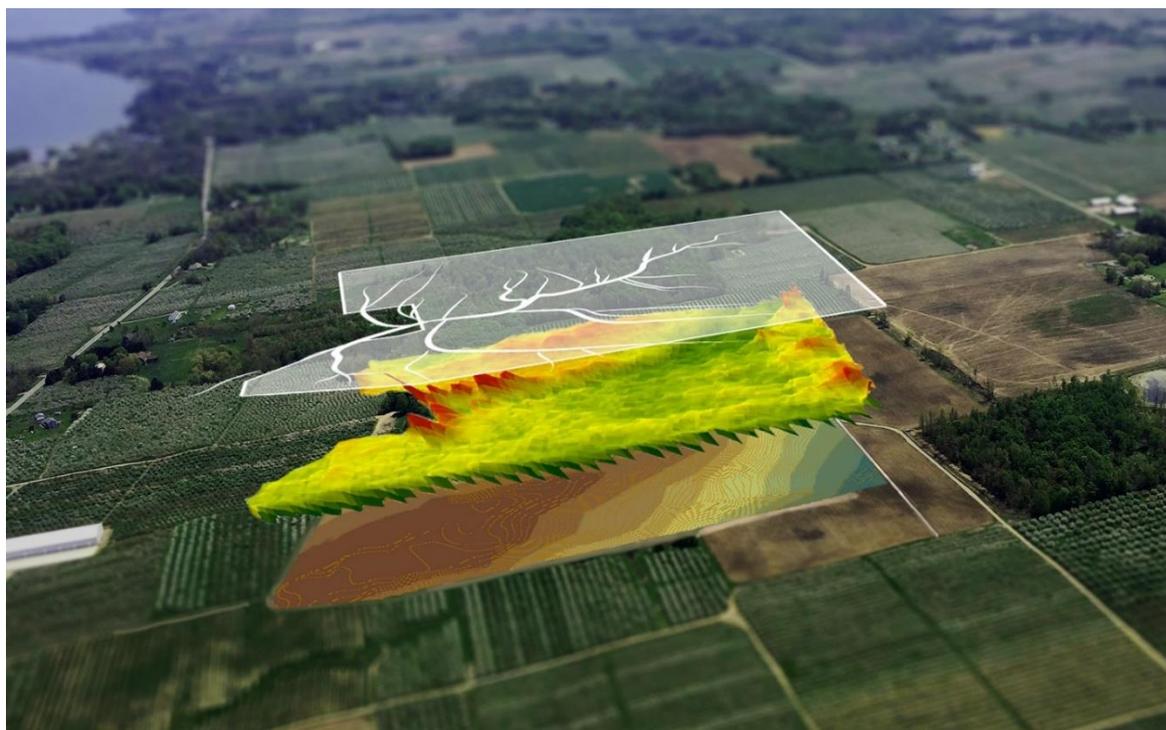


Рисунок 11 – Картографирование ландшафта

3. Картирование неоднородности почвы (рис. 12).

Рельеф, посевы, обработка, погода – все это влияет на качество почвы. Картирование неоднородности почвы – это первый шаг к выравниванию качества почвы и получению стабильно высокого урожая.

4. Расчет и анализ вегетационных индексов (рис. 13).

Расчет и анализ вегетационных индексов помогает выявить проблемы с развитием растений, когда масштаб визуально сложно оценить. В зависимости от задач мы используем разные индексы или их комбинацию.

5. Оценка загрязнения поля.

Использование дронов идеально подходит для оценки загрязнения полей. Используются изображения с высоким разрешением для создания карт, где сорняки отличаются от сельскохозяйственных культур, и появляется проводить технологические мероприятия на основе полученных данных.



Рисунок 12 – Картирование неоднородности почвы



Рисунок 13 – Расчет и анализ вегетационных индексов

Канада

Высокое проникновение технологий точного земледелия в Канаде – 60-80% и более по некоторым базовым типам. По данным опроса фермеров, общее отношение к точному земледелию в Канаде в целом позитивное:

- 84% опрошенных фермеров используют ту или иную технологии «точного земледелия»;
- 93% согласились с тем, что «точное земледелие» выгодно для использования;
- 75% планируют увеличить использование технологий «точного земледелия».

Канада стала страной №1 по выработке на одного работника (отношение: объем с/х продукции / количество занятых в отрасли) и обогнала по этому показателю традиционного бессменного лидера – США в 2015 году. Лидерство обусловлено высоким проникновением автоматизированных систем и hitech агропрактик, большим количеством занятых в агросекторе, сильной государственной поддержкой отрасли (к примеру, фермеры имеют бесплатный доступ к разнообразным интерактивным картам, сделанным на основе спутниковой съемки).

Поколения фермеров полагались на знания и фамильные традиции ведения хозяйства, однако в современном мире в сельское хозяйство активно проникают информационные технологии, включая и Искусственный Интеллект (далее просто ИИ). Алгоритмы машинного обучения позволяют фермерам повышать урожайность, снижать издержки и минимизировать урон экологии. Вместо распыскивания удобрений и гербицидов на целые гектары полей, новые системы позволяют делать это точно и эффективно, минимизируя при этом удар по природе.

Канадская SomaDetect намерена выпустить на рынок новую «умную» систему по контролю молочных ферм. Данная система способна эффективно производить анализ молока коров, в то время как фермер может контролировать процесс удаленно, через Интернет. Развитая система датчиков, установленная в каждом доильном станке, производит анализ молока коровы, оперативно информируя фермера о количестве белков и жиров, показателей заболевания, гормонов и следов антибиотиков.

«Мы проходим четвертую революцию в сельском хозяйстве, и искусственный интеллект абсолютно критичен здесь», уверена Бетани Дешпанде (Bethany Deshpande), соучредитель компании.

Помимо SomaDetect, на рынок точного земледелия намерена выйти и монреальская Motorleaf, создавшая новую систему для теплиц, позволяющую прогнозировать размер будущего урожая. Данная информация является критически важной, поскольку позволяет производителю заранее определиться с заключением предпродажных контрактов.

Системы, включающие алгоритмы машинного обучения, способны производить миллионы вычислений для определения картины развития культур — задача, непосильная для человека, однако крайне важная для точного земледелия, считает Грэхем Тейлор (Graham Taylor), профессор из Гуэлфского университета.

Одним из примеров эффективного применения ИИ можно назвать и системы ирригации на фисташковых и миндальных культурах в Калифорнии, позволяющие точно орошать только те участки, где это действительно необходимо. Учитывая, что в Калифорнии стоимость воды на акр земли может достигать 1000 долл., это особенно актуально.

По мнению Тейлора, именно Канада может стать лидером в сельскохозяйственных технологиях с применением ИИ, как по причине государственной поддержки развития ИИ, так и по причине наличия уже целого ряда компаний, имеющих опыт в данной сфере.

Канадским правительством было выделено 950 млн. долларов на разработку технологии «суперкластеров», направленной на помощь научным и бизнес-кругам в максимальном повышении эффективности и продуктивности фермерства.

Существует, однако, и опасения по поводу того, что развитие умных систем в конечном счете позволит фермерскому хозяйству обходиться без целого ряда полевых работников. В первую очередь это касается таких работ, как ручной сбор сорняков и прополка.

Китай

Китайские производители сельскохозяйственных дронов сообщают о повышенном спросе на свою продукцию в связи с эпидемией коронавируса. Так, по словам Джастина Гонга (Justin Gong), сооснователя крупного производителя дронов XAG, лишь в первые месяцы этого года компания поставила 4 тыс. новых моделей дронов, в то время как в Beijing Yifei Technology ожидают по меньшей мере четырехкратное увеличение выручки в 2020 году.

В связи с необходимостью минимизации человеческих контактов растет спрос на высокотехнологичное оборудование со стороны крупных ферм, местных органов власти и дистрибьюторов сельскохозяйственной продукции. Это, в свою очередь, создает ключевую проблему с возвращением миллионов

китайцев обратно на работу, учитывая, что большая часть операций на мелких фермах все еще выполняется вручную.

Помимо эпидемии, повышенный интерес к технологиям и услугам точного земледелия объясняется и попытками китайского правительства снизить зависимость от импорта продуктов питания из США и других стран. Модернизация сельского хозяйства даже была заложена в пятилетний план Китая, в котором отражены приоритеты и цели правительства с 2015 по 2020 год.

По оценкам Министерства сельского хозяйства КНР этой весной в полях будет развернуто свыше 30 тыс. дронов, а рынок «умного земледелия» увеличится с 13,7 млрд. долл. в 2015 году до 26,8 млрд. долл. в году нынешнем. Правительство Китая также выделило 140 млн. юаней (20 млн. долл.) в субсидиях на закупку нового сельскохозяйственного оборудования. Производитель дронов XAG также сообщает, что продажам сильно помогает ряд таких инициатив правительства, как снижение арендной платы и предоставление кредитов на 100 млн. юаней под процентную ставку на 3% ниже рыночной.

С таким уровнем поддержки сельское хозяйство будет последней отраслью, пострадавшей от вспышки коронавируса, считает Гонг Хуаз (Gong Huaze), возглавляющий стартап Mcfly, разрабатывающий новые технологии точного распыления пестицидов и фунгицидов. В компании уже заключили ряд контрактов с аграриями из провинции Чжэцзян и ожидают рост продаж в провинции Хубэй, являющейся эпицентром эпидемии.

Китайские фермеры все чаще используют БЛА для мониторинга здоровья посевов, засеивания полей, распыления удобрений и химикатов. Темпы внедрения аппаратов в аграрный комплекс Поднебесной впечатляют - один только XAG произвел свыше 42 тысяч дронов, которые ежедневно совершают около 1.2 млн вылетов. Аппараты компании используются в 38

странах и обрабатывают 0.3% площади мировых сельскохозяйственных угодий.

В 2020 году председатель КНР Си Цзиньпин призвал аграриев обеспечить продовольственную безопасность страны на фоне новостей о распространении коронавируса: спрос на сельскохозяйственные БЛА продолжает расти.

Ранее, большинство китайских фермеров опрыскивали посеы вручную, стоя в ядовитом тумане – на обработку среднего хозяйства у восьми человек уходила неделя. Дрон справляется с той же задачей за час.

Около 80% от рынка китайских дронов поделили гиганты DJI и XAG. С января по середину августа 2020 года дроны DJI обработали около 330 тысяч квадратных километров сельскохозяйственных угодий по всему миру. В 2019 году DJI представил любопытный аппарат P4 Multispectral, оснащенный мультиспектральной камерой – речь идет о перспективных технологиях точного земледелия, минимизирующих химическую нагрузку, экологический ущерб, и позволяющих внедрить индивидуальный подход к культурам, произрастающим на отдельных участках поля.

Индия

Американская компания Trimble, занимающаяся разработкой решений в области точного земледелия, заявила о намерении помочь правительству Индии в решении задачи по удвоению доходов фермеров и производительности фермерских хозяйств. Руководство компании уже начало переговоры с местными производителями тракторов и другой сельскохозяйственной техники для передачи в руки фермеров последних разработок в области автоматического управления и наведения. Данные решения используют GNSS-навигацию для точного управления трактором на поле, что в результате повышает точность сева и эффективность уборки урожая, равно как и производительность таких культур, как картофель (Trimble обещает 30%-ный прирост).

В компании также изучаются различные бизнес-модели по сдаче оборудования напрокат фермерам, вроде pay-per-use (система оплаты по мере использования). Это, в свою очередь, сделает использование умных машин куда доступней для рядовых аграриев, обычно обладающих небольшими участками (менее 2 га) и потому не способными совершать капитальные инвестиции в последние технологии точного земледелия.

На данный момент продукция компании представлена в штатах Пенджаб, Харьяна, Уттар-Прадеш, Раджастхан и Махараштра, однако к 2020 году руководство обещает расширить дистрибьюцию решений лазерного выравнивания на большинство штатов страны. Среди прочего компания предлагает высокоточный инструмент для лазерного выравнивания, помогающий аграриям предотвратить потери воды в полях, а также GreenSeeker — оптическое устройство для оценки состояния здоровья растений и количества удобрений, поглощенных им. Данные инструменты, если верить производителю, повышают производительность риса и сахарного тростника на 8% и 13% соответственно, а также помогают снизить до 20-30% расхода воды.

Согласно отчету Индийской федерации торгово-промышленных палат, рынок сельскохозяйственного оборудования в стране к 2022 году достигнет 12,5 млрд. долл. При всем при этом уровень механизации индийского сельского хозяйства все еще ниже 50% по сравнению с 90% в большинстве развитых стран.

Это лишь отдельные примеры применения технологий точного земледелия. В целом же в большинстве стран мира технологии точного земледелия нашли широкое применение и в следующей главе будет проведен анализ развития и использования технологий точного земледелия в России.

2. АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РОССИИ

2.1. Оценка потребности во внедрении элементов точного земледелия в России

Центром прогнозирования и мониторинга Кубанского ГАУ в сентябре–октябре 2020 г. проведено анкетирование по направлению, связанным с цифровым сельским хозяйством [83].

В анкетировании приняли участие 81 эксперт (56% категории «наука и образование», 26% – бизнес, 11% – административные органы; 7% – другие) из Германии; Анголы; Москвы и Московской области; Санкт-Петербурга; Краснодара и Краснодарского края; Ростова-на-Дону и Ростовской области; Твери; Чебоксар; Ставрополя; Саратова; Нальчика; Воронежа; Волгограда; Казани; Биробиджана; Новосибирска; Оренбурга; Орла; Рязани; Екатеринбургa; Ярославля; Кемерово; Улан-Удэ; Курска; Алтайского края; Брянской, Самарской, Псковской, Ульяновской, Челябинской областей.

Среди участвующих в опросе были президент некоммерческого партнерства; председатель совета директоров; глава сельского поселения; директора – 10 человек (12%); советник; проректора / заместители директоров – 5 (6%); руководители управлений / групп / направлений / проектов – 5 (6%); деканы – 4 (5%); заведующие кафедрой / лабораторией – 9 (11%); профессора – 4 (5%); доценты – 10 (12%); начальники отделов – 5 (6%); агрономы – 2 (2%); главный / ведущий специалист, научный сотрудник – 4 (5%); 26% – консультанты, менеджеры, торговые представители, член партии.

В первом блоке основных вопросов представлены анкеты по цифровизации с.-х. предприятий и ее связи с повышением уровня жизни, концентрацией специалистов в российских и иностранных компаниях. Второй блок вопросов связан с эффективностью использования беспилотных

летательных аппаратов, спутниковых снимков NDVI, приобретения агрохимической лаборатории для хозяйства, использования азотных сканеров при внесении удобрений в режиме on-line и системы картирования урожайности. Третий блок – с актуальностью применения новинок, которые появляются на выставках и рынке.

Вопросы по реализации технологических трендов в 2021-2030 гг. состоят из блока анкет по технологиям точного земледелия и животноводства.

Анкетирование состояло из 23 основных вопросов, 17 вопросов по реализации технологических трендов в 2021–2030 гг. (11 вопросов, связанных с точным земледелием) и проводилось в формате онлайн-тестирования на сайте foresight.kubsau.ru.

Предложенные вопросы анкеты показаны в Приложении 1. Вопросы, связанные с реализацией перспективных направлений представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Вопросы по реализации перспективных направлений

Наименование перспективного направления	Важность для РФ				Ожидаемые сроки выполнения			
	высокая	средняя	низкая	не актуально	2021–2025	2026–2030	после 2030	не выполнится
Точное земледелие								
1. Оцифровка полей								
2. Параллельное вождение								
3. Спутниковый мониторинг транспортных средств								
4. Дифференцированное опрыскивание сорняков								
5. Дифференцированное внесение удобрений								
6. Дифференцированный посев								
7. Дифференцированное орошение								
8. Дифференцированная обработка почвы по почвенным картам								
9. Мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования (аэро- или спутниковая фотосъемка)								
10. Составление цифровых карт урожайности								
11. Составление карт электропроводности почв								

Анализируя полученные результаты, можно констатировать, что сельхозпредприятия, не применяющие технологии цифровой трансформации, будут сильно проигрывать в конкуренции более современным компаниям – считают 91% экспертов (рисунок 14). Такой же процент опрошенных считают, что рост высокотехнологичных компетенций в стране приводит к увеличению валового внутреннего продукта, а к повышению уровня жизни – 78%.

63% опрошенных полагают, что не возможна реализация программы цифрового сельского хозяйства без субсидирования государства, а 29% – наоборот.

На вопрос «Приводит ли деиндустриализация страны к падению производительности в сельском хозяйстве» эксперты ответили: 67% – да, 11% – нет, 22 – затрудняются.

Потребностью современного сельхозмашиностроения является рост роли сервисного обслуживания (техническое обслуживание, обновление и настройка программного обеспечения и т.п.) полагают 90% экспертов.

В настоящее время на разных уровнях обсуждается тренд аренды сельскохозяйственной техники на основе «времени реального использования». Опрос специалистов, следующий: 62% – согласны, 12% – не согласны, 26% – затрудняются.

Кадровый вопрос остается одним из самых болезненных для большинства сельхозпредприятий. В рамках реализации цифрового сельского хозяйства будет происходить концентрация профессиональных специалистов в крупных агрохолдингах считают 79% респондентов, в иностранных компаниях – 46%, в российских компаниях – 66%.

В рамках «Дня российского поля 2020» в Брянской области Минсельхозом России заявлено о создании информационной системы цифровых сервисов, которая позволит перевести полностью в электронный

вид предоставления господдержки АПК, исключить из него человеческий фактор (mex.gov.ru). В следующем году этот проект стартует в 9 пилотных регионах. Ожидается, что к концу 2024 года все входящие в сферу полномочий Минсельхоза госуслуги будут оказываться в электронном виде.

В будущем году также во всех регионах станет доступна система мониторинга мелиоративного комплекса, а к 2024 году запланировано, что все гидромелиоративные сооружения будут управляться на базе государственной цифровой платформы.

Результаты опроса по данным вопросам:

– получится к 2024 г. создать цифровой сервис предоставления господдержки АПК: да – 36%, нет – 23%, 41% – затрудняются;

– получится перевести во всех регионах России до конца 2024 г. управление гидромелиоративными сооружениями с использованием государственной цифровой платформы: да – 16%, нет – 37%, затрудняюсь – 47%.

Следующие вопросы связаны с эффективностью использования элементов точного земледелия:

– беспилотных летательных аппаратов: 70% – да; 19% – нет;

– спутниковых снимков NDVI: 64% – да; 21% – нет, 15% – затрудняются;

– приобретением агрохимической лаборатории: 66% – да, 25% – нет, 9% – затрудняются;

– использованием азотных сканеров при внесении удобрений в режиме on-line: 65% – да, 17% – нет, 18% – затрудняются;

– начинать с системы картирования урожайности: да – 65%, нет – 24%, 11% – затрудняются.

Далее ряд вопросов связаны с актуальностью использования новинок, которые появляются на выставках и рынке:

– одновременного дифференцированного посева семян и дифференцированного внесения двух различных видов удобрений с

индивидуальной нормой по картам-заданиям – актуальным считают 76% экспертов;

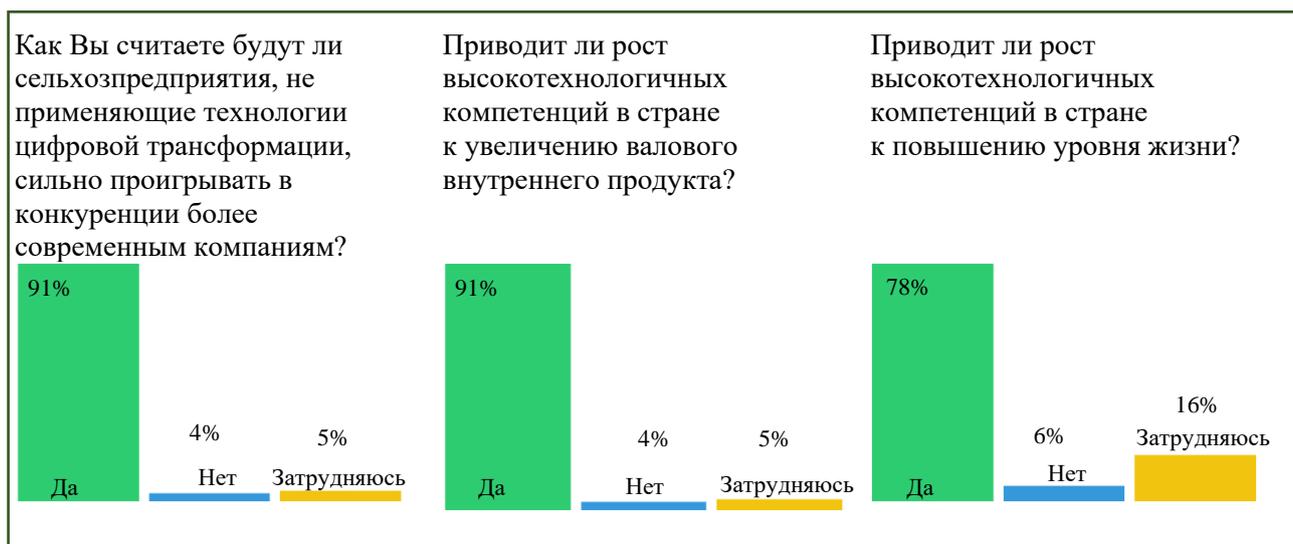
– дифференцированного внесения гранулированных удобрений штанговым разбрасывателем по картам-заданиям – 63%;

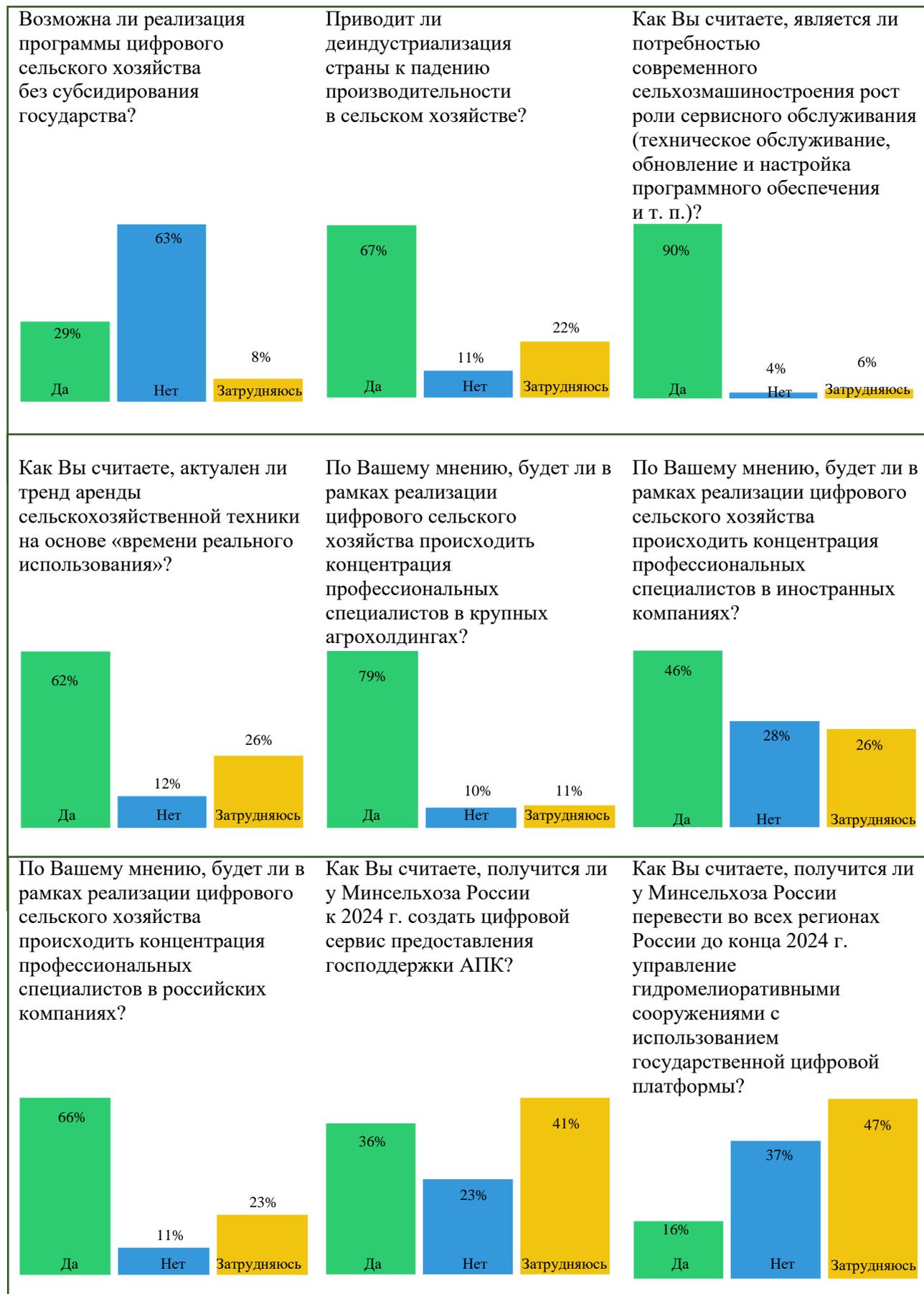
– использования новых систем земледелия (например, городских ферм вертикального типа), которые повышают эффективность производства за счет создания, не зависящих от агроклиматических факторов условий – 65%;

– смешивания по адресному принципу «каждому полю индивидуальный подход» одно-двухкомпонентных стандартных удобрений (AN, MAP, KCl) для внесения такого смешанного удобрения (бленда) с заданным содержанием N, P, K и в должное время – 68%;

– ростом потребности аграриев в использовании смешанных удобрений в течение 2–3 лет, как способа снижения себестоимости продукции растениеводства – 56%;

– потребности аграриев в использовании смесей с равномерным распределением в них микроэлементов, штаммов бактерий, ингибиторов азота и т. п., добавляемых как в сухом, так и в жидком виде – 51%.





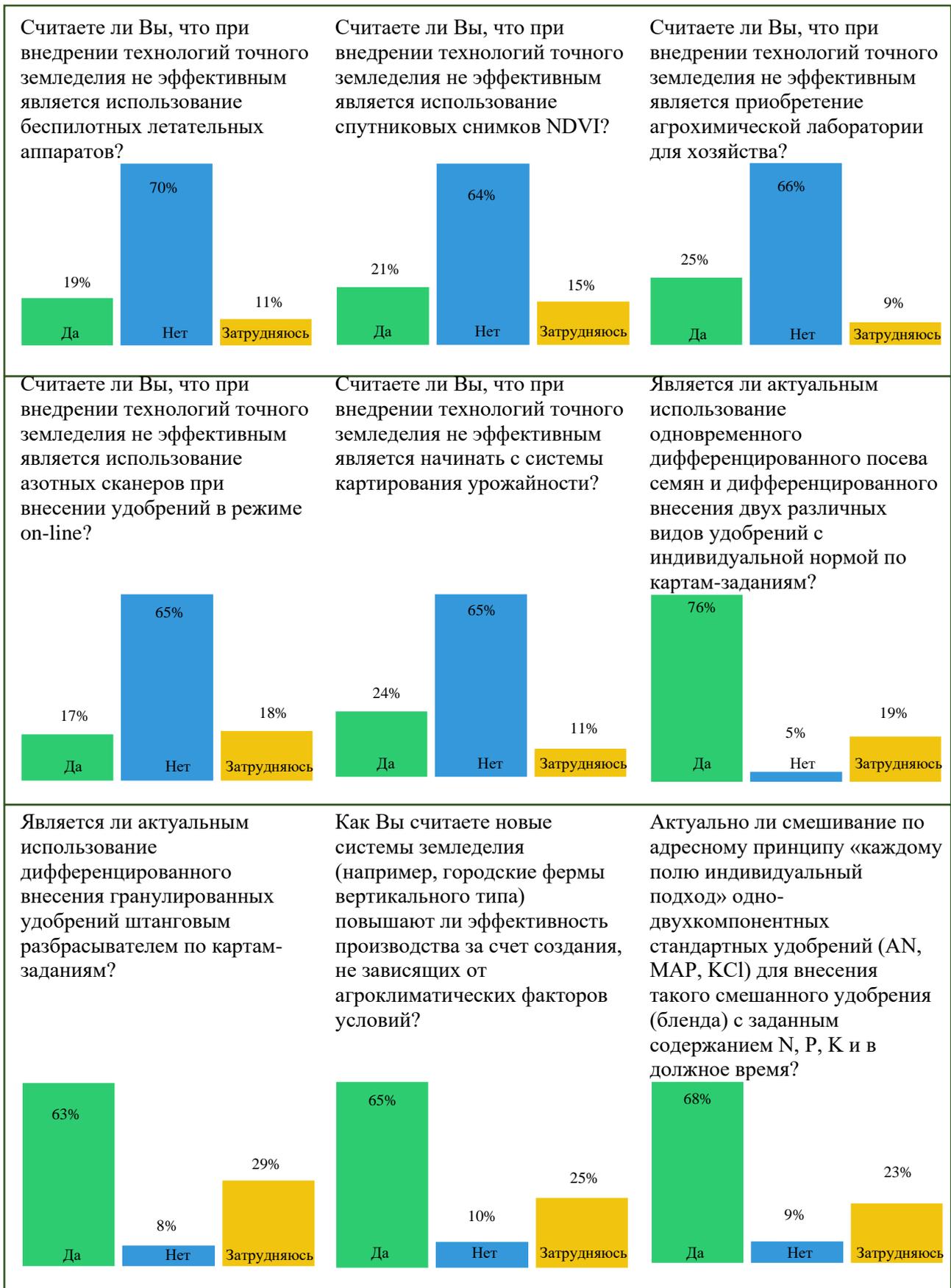




Рисунок 14 – Результаты экспертного опроса

Перспективы реализации технологических трендов по важности и ожидаемым срокам выполнения представлены в таблице 4.

Представленные элементы точного земледелия эксперты относят к высокой важности для реализации в 2021-2030 гг. (по убыванию в процентном соотношении):

- оцифровка полей и дифференцированное внесение удобрений (считают важным 83% экспертов);
- мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования (аэро- или спутниковая фотосъемка) – 77%;
- дифференцированное опрыскивание сорняков (76%);
- составление цифровых карт урожайности (74%);
- спутниковый мониторинг транспортных средств (73%);
- параллельное вождение (70%);
- дифференцированный посев (67%);
- дифференцированное орошение (62%);
- дифференцированная обработка почвы по почвенным картам (61%);
- составление карт электропроводности почв (47%).

Таблица 4 – Реализации перспективных направлений (в процентах)

Наименование перспективного направления	Важность для РФ				Ожидаемые сроки выполнения			
	высокая	средняя	низкая	не актуально	2021–2025	2026–2030	после 2030	не выполнятся
Точное земледелие								
1. Оцифровка полей	83	14	3	–	38	47	12	3
2. Параллельное вождение	70	28	2	–	45	37	15	3
3. Спутниковый мониторинг транспортных средств	73	23	3	1	56	30	13	1
4. Дифференцированное опрыскивание сорняков	76	17	6	1	31	45	19	5
5. Дифференцированное внесение удобрений	83	17	–	–	41	45	10	4
6. Дифференцированный посев	67	25	5	3	36	39	17	8
7. Дифференцированное орошение	62	35	1	2	25	46	23	6
8. Дифференцированная обработка почвы по почвенным картам	61	28	8	3	25	42	25	8
9. Мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования (аэро- или спутниковая фотосъемка)	77	21	2	–	72	23	3	2
10. Составление цифровых карт урожайности	74	23	3	–	30	49	18	3
11. Составление карт электропроводности почв	47	31	17	5	21	38	25	16

Обобщая результаты по предполагаемым срокам использования элементов точного земледелия в 2021-2025 гг. на основании экспертного опроса получили (по убыванию в процентном соотношении):

- мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования (аэро- или спутниковая фотосъемка) – считают 72% экспертов;
- спутниковый мониторинг транспортных средств (56%);
- параллельное вождение (45%).

Предполагаемые сроки использования элементов точного земледелия в 2026-2030 гг. на основании экспертного опроса получили (по убыванию в процентном соотношении):

- составление цифровых карт урожайности (49%);
- оцифровка полей (47%);

- дифференцированное орошение (46%);
- дифференцированное внесение удобрений (45%);
- дифференцированное опрыскивание сорняков (45%);
- дифференцированная обработка почвы по почвенным картам (42%);
- дифференцированный посев (39%);
- составление карт электропроводности почв (38%).

На основании проведенного анкетирования, связанного с вопросами цифровой трансформации сельского хозяйства, можно констатировать, что сельхозпредприятия, не применяющие технологии цифровой трансформации, будут проигрывать в конкуренции более современным компаниям.

При этом рост высокотехнологичных компетенций в стране способствует повышению уровня жизни.

Без субсидирования государства реализация программы цифрового сельского хозяйства будет затруднительна.

Деиндустриализация страны приводит к падению производительности в сельском хозяйстве.

Потребностью современного сельхозмашиностроения является рост роли сервисного обслуживания (техническое обслуживание, обновление и настройка программного обеспечения и т.п.).

Актуальным является тренд аренды сельскохозяйственной техники на основе «времени реального использования».

В рамках реализации цифрового сельского хозяйства будет происходить концентрация профессиональных специалистов в преимущественно крупных как отечественных, так и иностранных компаниях.

Представленные элементы точного земледелия эксперты относят к высокой важности, большая часть которых будет реализована до 2030 г. [83]

2.2. Оценка уровня развития точного земледелия в России

Как показала Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2016 года, преимущественно сельхозтоваропроизводители России используют в производстве следующие инновационные технологии: капельная система орошения – в 3,9% всех хозяйств, биологические методы защиты растений от вредителей и болезней – 9,2%, возобновляемые источники энергоснабжения – 1,8% и система точного вождения и дистанционного контроля качества выполнения технологических процессов – 1,9% (табл. 5) [45].

Таблица 5 – Количество хозяйств всех категорий, применяющих инновационные технологии, и удельный вес в их общем числе в РФ в 2016 г.

Регион	Капельная система орошения		Биологические методы защиты растений от вредителей и болезней		Возобновляемые источники энергоснабжения		Система точного вождения и дистанционного контроля качества выполнения технологических процессов	
	ед.	%	ед.	%	ед.	%	ед.	%
Центральный федеральный округ	644	3,5	2346	13,0	52	0,3	817	4,0
Северо-Западный федеральный округ	67	1,6	161	4,0	13	0,4	65	5,0
Южный федеральный округ	2307	7,3	1876	5,9	308	1,0	633	12,0
Северо-Кавказский федеральный округ	1411	5,1	5892	20,9	824	3,0	218	0,8
Приволжский федеральный округ	511	1,9	1411	5,3	37	0,1	385	1,5
Уральский федеральный округ	109	2,0	256	4,8	14	0,3	113	2,1
Сибирский федеральный округ	259	1,4	694	3,7	1027	5,5	331	1,6
Дальневосточный федеральный округ	129	2,0	220	3,4	265	4,1	54	0,9
РФ всего	5437	3,9	12856	9,2	2540	1,8	2616	1,9

Лидерами России по внедрению инновационных технологий в сельскохозяйственное производство являются Южный и Северо-Кавказский федеральные округа благодаря высокому уровню развития отрасли растениеводства, обеспеченному сочетанием следующих факторов:

благоприятные природно-климатические условия, мощный научный (6 научно-исследовательских институтов и научных центров по основным культурам) и образовательный потенциал (Кубанский ГАУ и Ставропольский ГАУ – одни из лидеров аграрного образования в стране) и значительная сумма поступающей в отрасль господдержки.

Центром прогнозирования и мониторинга Кубанского ГАУ совместно с Департаментом научно-технологической политики и образования Минсельхоза РФ организован через региональные органы управления АПК сбор статистической информации по использованию элементов точного сельского хозяйства в 2019-2020 гг. [81, 83]

Рейтинги составлены на основе данных, полученных из 64 регионов по точному земледелию. Достоверность полученных результатов обусловлена, прежде всего достоверностью представления информации региональными органами управления АПК.

Рейтинг представлен по направлениям:

- количеству хозяйств, использующих элементы точного земледелия;
- площади, на которой используются элементы точного земледелия;
- количеству хозяйств, сотрудники которых прошли обучение в области точного сельского хозяйства;
- количеству сотрудников, повысивших квалификацию в области точного сельского хозяйства.

При анализе также учитывались действующие в регионе программы по развитию, поддержке и внедрению элементов точного сельского хозяйства.

Руководителям органов управления АПК субъектов Российской Федерации Департаментом научно-технологической политики и образования Минсельхоза России были разосланы письма с просьбой организации сбора статистической информации по использованию элементов точного сельского хозяйства.

В приложении письма были указаны следующие показатели.

1. Количество хозяйств в регионе (по районам) с указанием названия хозяйства, площади и используемых элементов точного земледелия:

- 1.1. Оцифровка полей.
 - 1.2. Локальный отбор проб почвы в системе координат.
 - 1.3. Параллельное вождение.
 - 1.4. Спутниковый мониторинг транспортных средств.
 - 1.5. Дифференцированное опрыскивание сорняков.
 - 1.6. Дифференцированное внесение удобрений.
 - 1.7. Дифференцированный посев.
 - 1.8. Дифференцированное орошение.
 - 1.9. Дифференцированная обработка почвы по почвенным картам.
 - 1.10. Мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования (аэро- или спутниковая фотосъемка).
 - 1.11. Составление цифровых карт урожайности.
 - 1.12. Составление карт электропроводности почв.
2. Количество сотрудников (по районам), прошедших повышение квалификации по направлению «Точное земледелие», с указанием названия программы обучения.

3. Количество и наименование действующих программ по развитию, поддержке и внедрению элементов точного сельского хозяйства.

Если в хозяйстве используется хотя бы один элемент точного земледелия из двенадцати, то данное хозяйство учитывалось при подсчете.

В результате было проанализировано 64 региона, элементы точного земледелия используются в 55 регионах, 2834 хозяйствах на площади 15,5 млн. га (2019-2020 гг.).

Точное земледелие используется в 10% хозяйств из проанализированных регионов.

В 2018 г. проанализировано – 52 региона, элементы точного земледелия использовались в 40 регионах, 1930 хозяйствах на площади 12,5 млн. га.

Повысилось количество регионов, использующих новые технологии в растениеводстве на 38%; хозяйств на 47%; общая площадь, на которой применяются элементы точного земледелия – на 24% (табл. 6).

Таблица 6 – Сравнение использования элементов точного земледелия в 2018 и 2019–2020 гг.

Год	Количество регионов		Хозяйства, использующие элементы точного земледелия	
	всего	использующих элементы точного земледелия	всего	общая площадь, млн. га
2018	52	40	1930	12,5
2019-2020	64	55	2834	15,5
Разница, ед. /%	12 / 23	15 / 38	904 / 47	3 / 24

По результатам анализа использования элементов точного земледелия (табл. 7) в лидерах находятся Волгоградская область (257 хозяйств), Краснодарский край (250 хозяйств), Воронежская область (211 хозяйств). Конкурируют по показателю общей площади, на которой используются элементы точного земледелия (табл. 8) – Воронежская область (1,33 млн. га), Краснодарский край (1,22 млн. га), Волгоградская область (1,2 млн. га).

Таблица 7 – Количество хозяйств, использующих элементы точного земледелия в регионах России

Регион	Количество хозяйств	Регион	Количество хозяйств
Волгоградская область	257	Иркутская область	17
Краснодарский край	250	Псковская область	17
Воронежская область	211	Республика Крым	17
Республика Башкортостан	144	Ленинградская область	16
Новосибирская область	125	Курская область	15
Алтайский край	114	Республика Марий Эл	15
Орловская область	112	Костромская область	14
Тамбовская область	110	Томская область	14
Амурская область	102	Приморский край	12
Курганская область	90	Республика Адыгея	12
Нижегородская область	88	Архангельская область	11
Удмуртская республика	87	Чувашская республика	8
Омская область	85	Хабаровский край	7
Тюменская область	81	Республика Коми	5
Челябинская область	79	Республика Карелия	4
Белгородская область	75	Еврейский автономный округ	3
Кировская область	67	Карачаево-Черкесская республика	3
Красноярский край	62	Московская область	3
Пензенская область	53	Республика Бурятия	3
Свердловская область	50	Забайкальский край	1
Ульяновская область	50	Республика Алтай	1
Тульская область	46	Республика Хакасия	1
Вологодская область	45	Севастополь	1
Брянская область	44	Астраханская область	–
Рязанская область	35	Мурманская область	–
Кабардино-Балкарская Республика	33	Ненецкий автономный округ	–
Оренбургская область	31	Новгородская область	–
Калужская область	28	Республика Дагестан	–
Ярославская область	22	Республика Тыва	–
Пермский край	21	Сахалинская область	–
Тверская область	19	Чеченская республика	–
Смоленская область	18	Чукотский автономный округ	–

Таблица 8 – Площадь, на которой используются элементы точного земледелия, по регионам России

Регион	Общая площадь, га	Регион	Общая площадь, га
Воронежская область	1329511	Брянская область	84407
Краснодарский край	1220224	Ярославская область	84282
Волгоградская область	1204749	Кабардино-Балкарская Республика	64450
Омская область	921293	Республика Крым	61244
Белгородская область	911455	Республика Адыгея	53381
Республика Башкортостан	876521	Псковская область	50079
Новосибирская область	797359	Тверская область	33955
Алтайский край	653920	Чувашская республика	33510
Амурская область	641448	Забайкальский край	32000
Тамбовская область	628359	Ленинградская область	27958
Тюменская область	521253	Костромская область	23767
Пензенская область	511519	Архангельская область	23593
Орловская область	478188	Иркутская область	20508
Курганская область	449696	Хабаровский край	16350
Челябинская область	449399	Республика Карелия	15867
Красноярский край	372053	Карачаево-Черкесская Республика	15530
Кировская область	330063	Республика Коми	7553
Удмуртская республика	282942	Московская область	7160
Рязанская область	259632	Еврейский автономный округ	4249
Нижегородская область	252239	Республика Хакасия	3682
Тульская область	230445	Республика Бурятия	3137
Свердловская область	226621	Севастополь	1500
Оренбургская область	216356	Астраханская область	–
Вологодская область	161651	Мурманская область	–
Ульяновская область	153920	Ненецкий автономный округ	–
Калужская область	138031	Новгородская область	–
Томская область	120870	Республика Тыва	–
Республика Марий Эл	105515	Сахалинская область	–
Курская область	103673	Чеченская республика	–
Смоленская область	95480	Республика Алтай	–
Приморский край	90681	Республика Дагестан	–
Пермский край	88972	Чукотский автономный округ	–

Сравнительный рейтинг лидирующих регионов в 2018-2020 гг. показан в таблице 9.

Таблица 9 – Рейтинг регионов по использованию элементов точного земледелия в 2018 и 2019–2020 гг.

№	По количеству хозяйств		№	По площади, млн га	
	2018 г.	2019-2020 гг.		2018 г.	2019-2020 гг.
1.	Краснодарский край (189)	Волгоградская область (257)	1.	Воронежская область (1,13)	Воронежская область (1,33)
2.	Воронежская область (182)	Краснодарский край (250)	2.	Краснодарский край (0,96)	Краснодарский край (1,22)
3.	Нижегородская область (144)	Воронежская область (211)	3.	Омская область (0,92)	Волгоградская область (1,2)

В Краснодарском крае количество хозяйство увеличилось на 32%, Воронежской области – 16%.

Площадь, на которой используются элементы точного земледелия в Воронежской области увеличилась на 18%, Краснодарском крае – 27%.

Далее выполним анализ регионов по элементам точного земледелия.

В таблице 10 представлено количество хозяйств в регионах, в которых использовались рассматриваемые элементы точного земледелия.

Таблица 10 – Количество хозяйств в регионах, использовавшие элементы точного земледелия в 2019-2020 гг.

Регион	Оцифровка полей	Локальный отбор проб почвы в системе координат	Параллельное вождение	Спутниковый мониторинг транспортных средств	Дифференцированное опрыскивание сорняков	Дифференцированное внесение удобрений	Дифференцированный посев	Дифференцированное орошение	Дифференцированная обработка почвы по почвенным картам	Мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования	Составление цифровых карт урожайности	Составление карт электропроводности почв
Алтайский край	82	3	68	74	18	12	19		1	1	3	1
Амурская область	22	1	70	89	21	12	12		2	3	17	
Архангельская область	1			5	3	5	8	1	5	1	2	
Белгородская область	36	5	68	57	24	15	12	1	6	9	2	
Брянская область	34	3	4	17	8	9	8	1	5	1	1	
Волгоградская область	112	10	131	83	58	49	20	6	2	7	5	3
Вологодская область	5		11	40	13	7	8		5	1	2	
Воронежская область	100	8	129	107	44	54	23	9		14	8	
Забайкальский край	1		1	1							1	
Иркутская область	12	15	5	4	2	2	2	2	3	2		
Кабардино-Балкарская Республика	33											
Калужская область	14		13	16	4	3	2					
Кировская область	22		35	50	13	10	17		3		2	
Костромская область	3		3	13	6	4	4					
Краснодарский край	113	16	166	149	37	59	44	10	16	22	20	4
Красноярский край	8		51	31	11	3	10			2	2	
Курганская область	3		56	27	71							
Курская область	14	14				5						
Ленинградская область	5	1	6	8	6	4	3				1	
Московская область	3	1	1	1	1	1		1		1	1	
Нижегородская область	23		58	48	4	10	4	2	2	9	3	
Новосибирская область	78	11	57	51	29	8	11		4	5	3	
Орловская область	26	1	69	50	18	5	5		1	3	4	
Пензенская область	40	8	46	42	17	17	7	2	5	14	6	2
Пермский край	7	1	4	14	6	3	4	1	1			

Приморский край	7	1	11	8	9	1	1		2	7	7	
Псковская область	2		1	11	6	6	6			1		
Республика Адыгея	3	1	1	2		1				2	2	
Республика Башкортостан	51	2	101	54	14					1	1	
Республика Крым	5	1	10	4	2	2	2	2	2	1	1	1
Республика Марий Эл	3		13	12								
Ростовская область	1								1	1	1	
Рязанская область	16		14	25	11	10	9		2	6	2	
Свердловская область	14		38	31			2				1	1
Смоленская область	10		3	15	3		3			5	3	
Тамбовская область	17	4	98	57	22	9	18		3	12	6	
Тверская область	4		8	11	5	4	1		1	3	1	1
Томская область	6	1	5	13	5	5	1			1		
Тульская область	6	1	34	27		3				3	1	
Тюменская область	21	2	36	53	26	4	12		3	3		1
Удмуртская республика	18		13	81	4	1	5					
Ульяновская область	27	2	2	18	27	28	26	5	26	27	4	
Челябинская область	59	6	25	30	17	7	14		8	6		
Чувашская республика	3		8	4						2		
Ярославская область	3	2	4	19	3	5	3	1	3	2	1	
Еврейский автономный округ			2	1								
Карачаево-Черкесская республика			3	2	2	2	2		2			
Омская область			79	43								
Оренбургская область			19		16	3	20					
Республика Хакасия			1			1	1					
Ставропольский край			1									
Хабаровский край			6	5								
Республика Алтай				1								
Республика Бурятия				3								
Республика Карелия				4								
Республика Коми				3		3	3		1		1	
Севастополь				1							1	

Повысилось количество хозяйств, оцифровавших поля в Краснодарском крае на 36%, который вышел на лидирующие показатели в данном направлении. В тройку лидеров так же вошли Волгоградская (повысилось на 48%) и Воронежская (повысилось на 46%) области.

Лидерами в оцифровке полей являются Новосибирская область и Краснодарский край (рис. 15).



Рисунок 15 – Регионы-лидеры по оцифровке полей: а – 2018 г.; б – 2019-2020 гг.

По использованию локального отбора проб в системе координат количество хозяйств уменьшилось (рис. 16).



Рисунок 16 – Регионы-лидеры по использованию локального отбора проб в системе координат: а – 2018 г.; б – 2019-2020 гг.

Использование систем параллельного вождения повысилось в Краснодарском крае на 6%, в Волгоградской области – 11%, в Воронежской – 102% (рис. 17).



Рисунок 17 – Регионы-лидеры по использованию параллельного вождения: а – 2018 г.; б – 2019-2020 гг.

Применение спутникового мониторинга транспортных средств показывает динамику у Краснодарского края на 59%, Воронежской области – 102% (рис. 18).



а б
Рисунок 18 – Регионы-лидеры по использованию спутникового мониторинга транспортных средств: а – 2018 г.; б – 2019-2020 гг.

Рейтинги регионов-лидеров по дифференцированным технологиям представлены на рисунках 19-23.



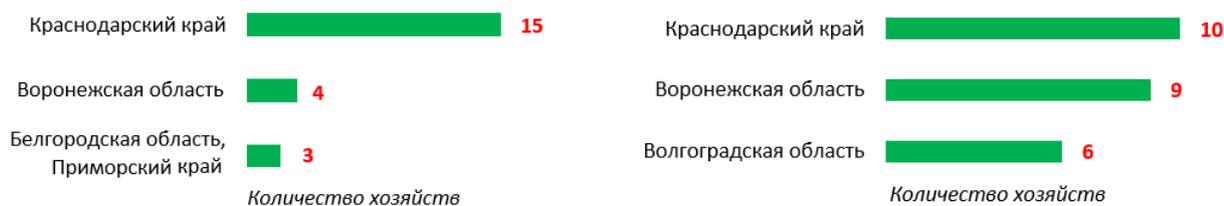
а б
Рисунок 19 – Регионы-лидеры по использованию дифференцированного внесения удобрений: а – 2018 г.; б – 2019-2020 гг.



а б
Рисунок 20 – Регионы-лидеры по использованию дифференцированного посева: а – 2018 г.; б – 2019-2020 гг.



а б
Рисунок 21 – Регионы-лидеры по использованию дифференцированного опрыскивания: а – 2018 г.; б – 2019-2020 гг.



а б
Рисунок 22 – Регионы-лидеры по использованию дифференцированного орошения: а – 2018 г.; б – 2019-2020 гг.



а б
Рисунок 23 – Регионы-лидеры по использованию дифференцированной обработки почвы по почвенным картам: а – 2018 г.; б – 2019-2020 гг.

Использование ДЗЗ для мониторинга посевов повысилось в Краснодарском крае и Воронежской области в 2 раза (рис. 24).



а б
Рисунок 24 – Регионы-лидеры по использованию технологий дистанционного зондирования земли: а – 2018 г.; б – 2019-2020 гг.

Динамика роста по использованию картирования урожайности в Краснодарском крае на 67%, Воронежской области на 14% (рис. 25).



а б
Рисунок 25 – Регионы-лидеры по применению технологий картирования урожайности: а – 2018 г.; б – 2019-2020 гг.

Повысилось количество хозяйств, использующие составление карт электропроводности почв (рис. 26).



а б

Рисунок 26 – Регионы-лидеры по применению технологий составления карт электропроводности почв: а – 2018 г.; б – 2019-2020 гг.

Рассмотрим рейтинг элементов точного земледелия. В тройке наиболее используемых элементов находятся – оцифровка полей, параллельное вождение, спутниковый мониторинг транспортных средств (рисунок 27).

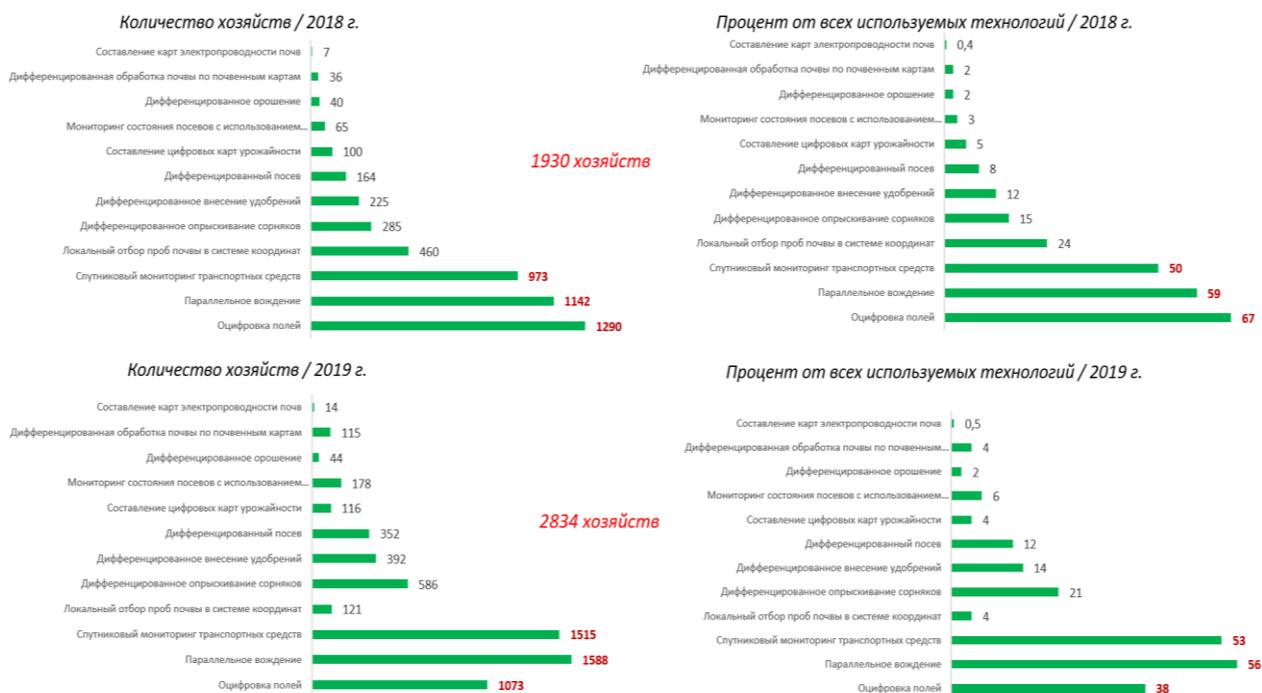


Рисунок 27 – Рейтинг элементов точного земледелия

2.3 Оценка условий внедрения элементов точного земледелия в регионах России

Для оценки условия внедрения элементов точного земледелия в регионах России проводился сбор материала по количеству сотрудников (по районам), прошедших повышение квалификации по направлению «Точное земледелие».

По повышению квалификации работников лидируют Ленинградская область (67 хозяйств), Московская область (47 хозяйств), Краснодарский край (46 хозяйств); Белгородская область (258 человек), Калужская область (238 человек), Краснодарский край (234 человека) – таблицы 11 и 12.

Таблица 11 – Количество хозяйств, сотрудники которых прошли обучение в области точного сельского хозяйства

Регион	Количество хозяйств
Ленинградская область	67
Московская область	47
Краснодарский край	46
Алтайский край	39
Удмуртская республика	31
Тюменская область	24
Кировская область	23
Тамбовская область	22
Воронежская область	21
Вологодская область	19
Белгородская область	17
Красноярский край	16
Курская область	13
Оренбургская область	13
Республика Коми	13
Пензенская область	11
Рязанская область	11
Амурская область	10
Ставропольский край	10
Челябинская область	10
Нижегородская область	9
Ярославская область	8
Костромская область	7
Смоленская область	6
Тверская область	6
Псковская область	4
Республика Крым	4
Ростовская область	4
Тульская область	4
Ульяновская область	4
Республика Башкортостан	3
Республика Алтай	2
Архангельская область	2
Волгоградская область	1
Кабардино-Балкарская республика	1
Карачаево-Черкесская республика	1
Орловская область	1
Республика Саха (Якутия)	1
Хабаровский край	1

Таблица 12 – Количество сотрудников, повысивших квалификацию в области точного сельского хозяйства

Регион	Количество человек
Белгородская область	258
Калужская область	238
Краснодарский край	234
Воронежская область	206
Амурская область	145
Ленинградская область	100
Московская область	80
Кировская область	78
Тамбовская область	68
Пензенская область	59
Алтайский край	46
Республика Крым	44
Удмуртская республика	44
Челябинская область	41
Красноярский край	40
Рязанская область	37
Курская область	34
Вологодская область	32
Республика Коми	30
Тюменская область	30
Ульяновская область	30
Тульская область	27
Орловская область	26
Ставропольский край	23
Ярославская область	22
Нижегородская область	16
Оренбургская область	14
Смоленская область	12
Псковская область	10
Ростовская область	10
Костромская область	9
Тверская область	6
Республика Башкортостан	4
Архангельская область	3
Республика Саха (Якутия)	3
Волгоградская область	2
Карачаево-Черкесская республика	2
Республика Алтай	2
Хабаровский край	2
Кабардино-Балкарская республика	1

Сравнительный рейтинг лидирующих регионов в 2018-2020 гг. показан в таблице 13.

Таблица 13 – Рейтинг регионов по повышению квалификации в области точного сельского хозяйства в 2018 и 2019-2020 гг.

№	По количеству хозяйств		№	По количеству сотрудников	
	2018 г.	2019-2020 г.		2018 г.	2019-2020 г.
1.	Забайкальский край (35)	Ленинградская область (67)	1.	Республика Башкортостан (500)	Белгородская область (258)
2.	Новосибирская область (29)	Московская область (47)	2.	Забайкальский край (479)	Калужская область (238)
3.	Краснодарский край (20)	Краснодарский край (46)	3.	Тамбовская область (209)	Краснодарский край (234)

Одно из основных условия внедрения технологий точного земледелия – это программы государственной поддержки. Далее представлен анализ таких программ в различных регионах России.

При анализе учитывались действующие в регионе программы по развитию, поддержке и внедрению элементов точного сельского хозяйства (табл. 14).

Таблица 14 – Программы по развитию, поддержке и внедрению элементов точного сельского хозяйства в регионах России

Название программы	Период действия
Архангельская область	
Правительством Архангельской области разработан Проект паспорта «Цифровое сельское хозяйство Архангельской области»	с 2020 г.
Постановление правительства Архангельской области от 9 октября 2012 года № 436-пп «Об утверждении государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Архангельской области».	
Субсидия на закупку сельскохозяйственной техники из средств областного бюджета в размере до 40% от стоимости без учета НДС, в том числе которая может использоваться при дифференцированном посеве, обработке почв, внесении удобрений, опрыскивании сорняков	
Белгородская область	
Ведомственная целевая программа «О развитии сельскохозяйственной кооперации в Белгородской области на 2015–2020 гг.»	с 2015 г.
Государственная Программа Белгородской области «Развитие сельского хозяйства рыболовства в Белгородской области 2015–2020 гг.», утвержденная постановлением Правительства Белгородской области от 28.10.2013 г. № 439-пп	с 2015 г.

Долгосрочная целевая программа «Оздоровление хозяйств всех форм собственности от заболевания лейкозом КРС в Белгородской области на 2016–2020 гг.»	с 2016 г.
Костромская область	
В рамках мероприятия «Приобретение сельскохозяйственной техники и оборудования, в том числе по договорам финансовой аренды (лизинга)» подпрограммы «Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие агропромышленного комплекса» государственной программы Костромской области «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Костромской области», утвержденной постановлением администрации Костромской области от 27 августа № 354-а, предоставляются субсидии в размере от 10 до 40%	без срока действия
Московская область	
Постановление Правительства Московской области от 09.10.2018 № 727/36. Государственная программа Московской области «Сельское хозяйство Подмосковья». Возмещение части затрат (50% стоимости) на приобретение: климатического оборудования, автоматических систем управления стадом, включая программное обеспечение; роботизированных доильных систем	с 2017 г. ежегодно
Нижегородская область	
Постановление Правительства Нижегородской области от 15.12.2015 г. №834 «Об утверждении положения о порядке предоставления субсидий на возмещение части затрат на приобретение оборудования и техники». Возмещение от 20 до 50% стоимости техники	с 2018 г. ежегодно
Постановление Правительства Нижегородской области от 10.11.2015 г. №729 «О порядке предоставления субсидий на возмещение части затрат на приобретение оборудования и техники для производства продукции льноводства». Возмещение от 10 до 75% стоимости техники.	с 2015 г. ежегодно
Постановление Правительства Нижегородской области от 2.11.2012 г. №781 «Об утверждении положений по финансовой поддержке агропромышленного комплекса нижегородской области». Возмещение части процентной ставки при приобретении техники в кредитных организациях. В рамках вышеуказанных мер государственной поддержки сельхозтоваропроизводители области могут приобретать современную сельскохозяйственную технику, в том числе и оснащенную оборудованием точного земледелия	с 2012 г. ежегодно
Новосибирская область	
Государственная программа Новосибирской области «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Новосибирской области» (утверждена постановлением правительства Новосибирской области от 02.02.2015 № 37-п: – Возмещение части затрат на приобретение и технический сервис технических средств и оборудования для сельскохозяйственного производства: от 20 до 50%, от 5 до 10 млн. на единицу техники (тракторы с мощностью двигателя свыше 59 кВт (80 л. с.); сеялки, посевные комплексы; зерноуборочные, кормоуборочные, картофелеуборочные, льноуборочные комбайны; машины и оборудование для послеуборочной обработки зерна, зерносушилки; самоходные косилки; техника для кормопроизводства; машины для обработки почвы; машины и установки для внесения удобрений и средств защиты растений; машины для внесения органических удобрений; системы параллельного вождения с функциями автоматического управления технологическим процессом в растениеводстве; мобильные кормораздатчики	с 2015 г. ежегодно

измельчители-смесители, оборудование для приготовления экстрадированных кормов; жатки; комплекты молокопроводов; доильные установки; охладители молока; машины для сбора плодов и ягод; модульные мини-цеха, комплекты оборудования для мини-цехов по убою скота мощностью до 7 голов в смену; погрузчики самоходные)	
Рязанская область	
Постановление Правительства № 367-П «О Порядке предоставления в 2017–2020 гг. сельскохозяйственным товаропроизводителям субсидий на возмещение части затрат на приобретение сельскохозяйственной техники». Возмещение части затрат (20% стоимости) на приобретение: оборудование системы точного земледелия (спутниковые станции навигации, бортовые компьютеры (мониторы), элементы системы параллельного вождения и автопилотирования (курсоуказатели, подруливающие устройства, автопилоты), бортовые датчики точного внесения удобрений, мониторинга урожая, измерения свойств почвы	с 2017 г. ежегодно
Смоленская область	
Областная государственная программа «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Смоленской области» на 2014–2020 гг., утвержденная постановлением Администрации Смоленской области от 20.11.2013 г. № 928. Возмещение части затрат на приобретение: систем управления стадом до 140 тыс. рублей, автоматических доильных систем до 1750 тыс. рублей	с 2017 г. ежегодно
Тамбовская область	
Постановление Правительства «367-П «О Порядке предоставления в 2017-2020 годах сельскохозяйственным товаропроизводителям субсидий на возмещение части затрат на приобретение сельскохозяйственной техники». Возмещение части затрат (20% стоимости) на приобретение: оборудование системы точного земледелия (спутниковые станции навигации, бортовые компьютеры (мониторы), элементы системы параллельного вождения и автопилотирования (курсоуказатели, подруливающие устройства, автопилоты), бортовые датчики точного внесения удобрений, мониторинга урожая, измерения свойств почвы	С 2017 г. ежегодно
Тверская область	
Постановление Правительства Тверской области от 06.06.2017 г. №171-пп «Возмещение части затрат за приобретенную машиностроительную продукцию». Ставка 10% от стоимости приобретенной в текущем году машиностроительной продукции (без учета НДС)	2017– 2019 гг.
Постановление Правительства Тверской области от 25.04.2017 г. № 112-пп «Возмещение части затрат на приобретение технологического оборудования для объектов молочного скотоводства». Ставка 20% от фактических затрат (без НДС) за приобретенное в отчетном и (или) текущем году (в том числе по лизингу) новое (не бывшее в эксплуатации) оборудование для объектов молочного скотоводства	2017– 2019 гг.
Постановление Правительства Тверской области от 25.10.2017 г. № 355-пп «Возмещение части затрат на приобретение специализированного оборудования для глубокой переработки молока» ставка 50% от фактических затрат (без НДС) за приобретенное в отчетном и (или) текущем году (в том числе по лизингу) новое (не бывшее в эксплуатации) специализированное оборудование для глубокой переработки молока	2017– 2019 гг.
Тюменская область	

Порядок предоставления субсидий из средств областного бюджета на техническое и технологическое оснащение и перевооружение в агропромышленном комплексе Тюменской области, утвержденный Постановлением Правительства Тюменской области от 21.02.2017 г. № 70-п «Об утверждении Положений о порядках предоставления средств областного бюджета на государственную поддержку сельскохозяйственного производства и о внесении изменений в постановление от 14.05.2012 № 180-п»	
Хабаровский край	
Постановление Правительства Хабаровского края от 26.10.2016 г. № 382-пр «Об утверждении Порядка и условий предоставления субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям Хабаровского края на возмещение части прямых понесенных затрат на приобретение сельскохозяйственной техники» Возмещение части затрат (до 50% стоимости) на приобретение: оборудование системы точного земледелия (спутниковые станции навигации, бортовые компьютеры (мониторы), элементы системы параллельного вождения и автопилотирования (курсоуказатели, подруливающие устройства, автопилоты), бортовые датчики точного внесения удобрений, мониторинга урожая, измерения свойств почвы	с 2016 г. ежегодно
Ярославская область	
ОЦП Развитие агропромышленного комплекса Ярославской области на 2014–2020 годы, Постановление Правительства ЯО от 17.03.2014 г. № 221-п Об утверждении областной целевой программы «Развитие агропромышленного комплекса ЯО» на 2014–2020 годы; Постановлением Правительства области от 31.01.2011 г. № 32-п «О Порядке предоставления из областного и федерального бюджетов субсидий на возмещение части прямых понесенных затрат на создание и модернизацию объектов агропромышленного комплекса, а также на приобретение техники и оборудования». Возмещение части затрат (20% стоимости) на приобретение: посевные комплексы	2014– 2020 гг.

Таким образом, на основе проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

Элементы точного земледелия используются в 55 регионах, 2834 хозяйствах на площади 15,5 млн га (2019-2020 гг.). Точное земледелие используется в 10% хозяйств из проанализированных регионов.

В 2018 г. проанализировано – 52 региона, элементы точного земледелия использовались в 40 регионах, 1930 хозяйствах на площади 12,5 млн га.

Повысилось количество регионов, использующих новые технологии в растениеводстве на 38%; хозяйств – на 47%; общая площадь, на которой применяются элементы точного земледелия – на 24%.

По результатам анализа использования элементов точного земледелия в лидерах находятся Волгоградская область (257 хозяйств), Краснодарский край

(250 хозяйств), Воронежская область (211 хозяйств). Конкурируют по показателю общей площади, на которой используются элементы точного земледелия – Воронежская область (1,33 млн. га), Краснодарский край (1,22 млн. га), Волгоградская область (1,2 млн. га).

В Краснодарском крае количество хозяйств увеличилось на 32%, Воронежской области – 16%.

Площадь, на которой используются элементы точного земледелия в Воронежской области увеличилась на 18%, Краснодарском крае – 27%.

По повышению квалификации работников лидируют Ленинградская область (67 хозяйств), Московская область (47 хозяйств), Краснодарский край (46 хозяйств); Белгородская область (258 человек), Калужская область (238 человек), Краснодарский край (234 человека).

Программы по развитию, поддержке и внедрению элементов точного сельского хозяйства используются в 12 регионах: Архангельской, Белгородской, Костромской, Московской, Нижегородской, Новосибирской, Рязанской, Смоленской, Тамбовской, Тверской, Ярославской областях и Хабаровском крае.

3. ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РОССИИ

3.1. Приоритетные направления исследований и разработок в области точного земледелия для России

Понимая необходимость внедрения в растениеводство России систем точного земледелия необходимо определить наиболее важные – приоритетные направления исследований и разработок в этой области. Для этого на первом этапе проведем библиометрический и патентный анализ, которые помогут понять по каким исследовательским областям точного земледелия наибольшее количество публикаций в мире, и потом соотнесем их с проводимыми исследованиями и разработками в России.

Основным источником информации для проведения библиометрического анализа стала база данных Web of Science, так как качество публикаций в ней находится на высоком уровне. Нами были исследованы публикации за период 2014-2019 гг. по теме растениеводства. На рисунке 28 представлена диаграмма распределения результатов анализа, а на рисунке 29 исследовательские фронты.

Наибольшее количество публикаций сосредоточено на направлениях:

- сельскохозяйственное машиностроение, сельскохозяйственная техника, механизация сельского хозяйства – 23%;
- точное земледелие, ГИС – 12%;
- изменения климата и адаптация – 7,3%;
- компьютерное моделирование – 6,2%;
- сельскохозяйственная метеорология – 5%;
- сельскохозяйственная биотехнология – 5%;
- агроэкология – 5%.

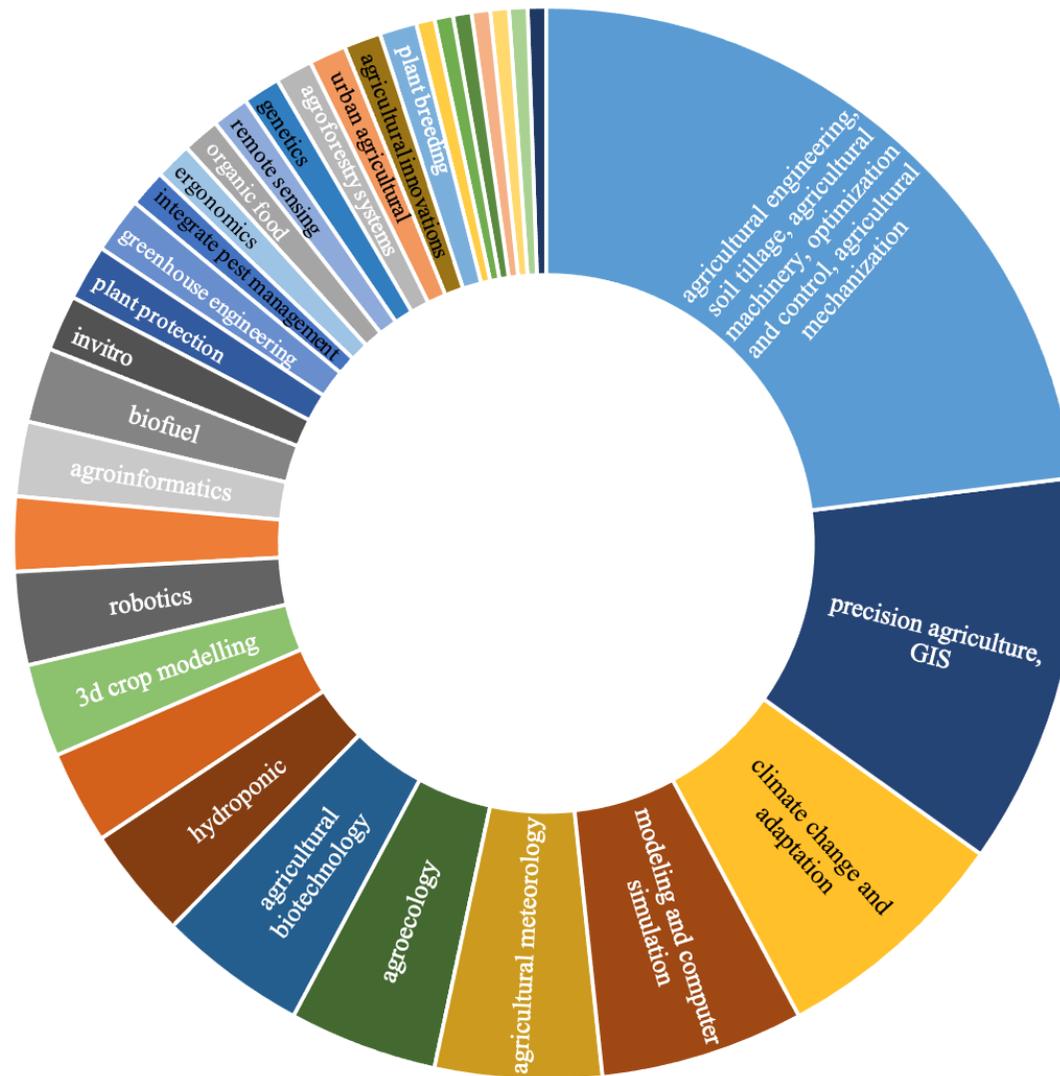


Рисунок 28 – Распределение направлений научных исследований по теме растениеводства в 2019 году в базе данных публикаций Web of Science

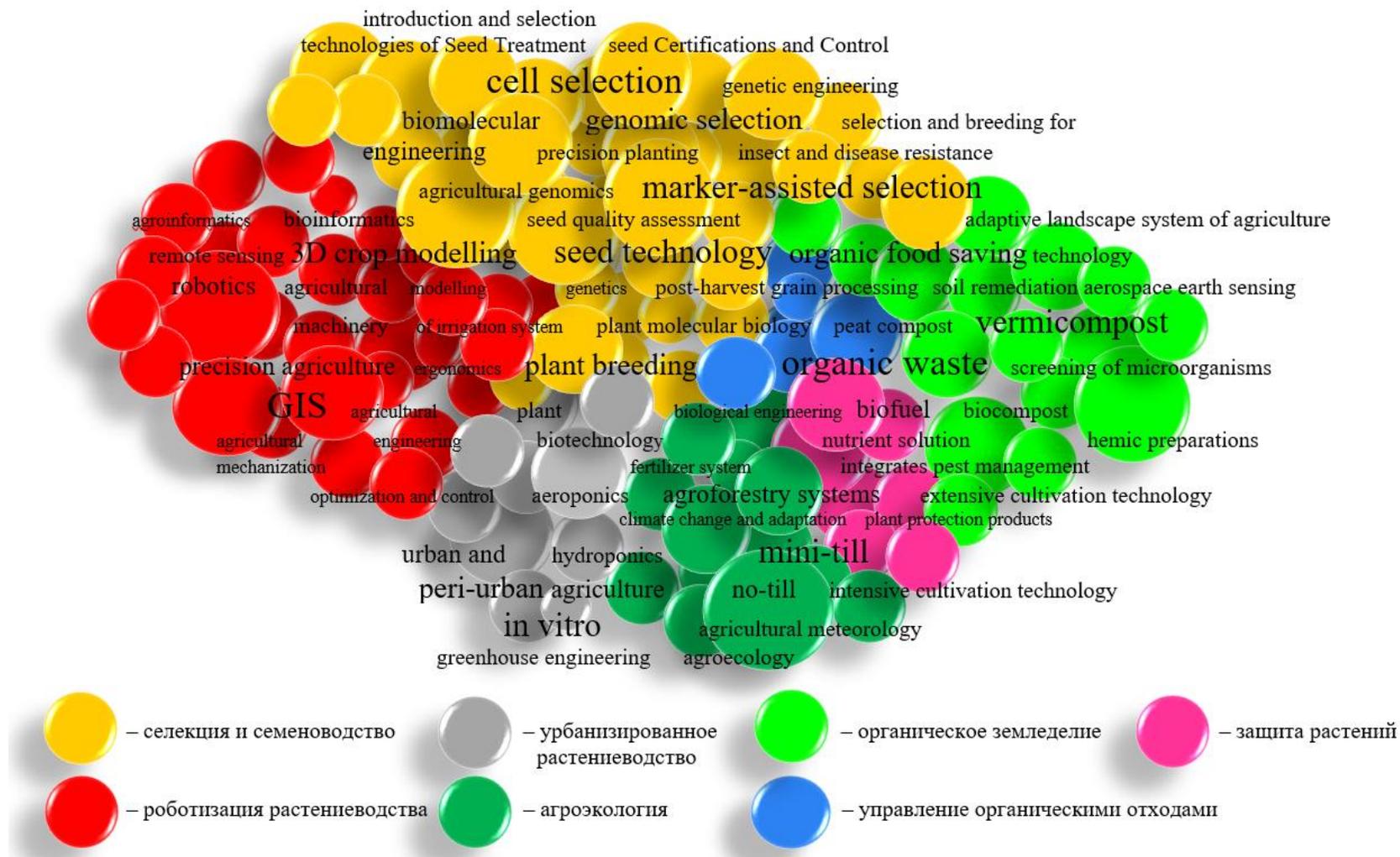


Рисунок 29 – Исследовательские фронты по направлению «Растениеводство, включая семеноводство и органическое земледелие»

Менее популярными у исследователей являются такие темы как aeroponica, биоинженерия, минимальная обработка почвы, биоинформатика, геномика. Все эти направления исследований обладают большим потенциалом в будущем развитии отрасли растениеводства, так как соответствуют глобальным ее трендам, выявленным в предыдущих исследованиях [66].

Видим, что точному земледелию принадлежит значительная доля в публикации – 12%. При этом частично вопросы, касающиеся внедрения систем точного земледелия в сельскохозяйственную технику были затронуты в разделе «сельскохозяйственное машиностроение, сельскохозяйственная техника, механизация сельского хозяйства», поэтому можно смело утверждать, что это наиболее востребованная область исследований во всем мире.

Если смотреть данный анализ в разрезе стран, то можно выделить следующие особенности публикационной активности:

– в Японии исследования преимущественно направлены на изучение молекулярной биологии, строительство теплиц, гидропонику, управление органическими отходами, биотопливо. Т.е. перспективными направлениями научно-технологического развития Японии являются, во-первых, выращивание растений в защищенном грунте с помощью современных технологий, во-вторых, редактирование генов растений с целью получения высокоурожайных и устойчивых сортов, и в-третьих, агроэкология;

– США сосредоточены на молекулярной биологии, изменении климата, компьютерное моделирование, биоинженерия. Перспективные направления научно-технологического развития США – это редактирование генов растений, цифровизация процесса выращивания и адаптация сельского хозяйства к изменениям климата;

– в Бразилии наибольшая заинтересованность исследователей наблюдается в сельскохозяйственном машиностроении, точном земледелии, роботизации, 3D-моделировании. Перспективные направления научно-

технологического развития Бразилии – это цифровизация и роботизация сельскохозяйственного производства;

– исследования в Испании преимущественно направлены на защиту растений и 3D-моделирование;

– в Италии – на сельскохозяйственное машиностроение и органическое производство;

– Германия – точное земледелие, защита растений и строительство теплиц;

– Россия – точное земледелие, изменение климата и технологии селекции.

Таким образом, можно сделать вывод, что исследователей развитых стран интересуют темы, связанные с будущим развитием отрасли с использованием инновационных технологий, в то время как развивающиеся страны преимущественно занимаются исследованиями, касающимися «насуточных» проблем отрасли (защита растений, традиционная селекция и т.д.). При этом точное земледелие наиболее активно исследуется в Бразилии, Германии и России.

Если рассмотреть структуру публикаций в Web of Science в области точного земледелия, то видно, что наибольшее количество научных статей посвящено дистанционному зондированию полей (15,3%), точному орошению (10,1%) и обнаружению заболеваний и вредителей растений (9,7%). Также активно исследуется тема использования компьютерного зрения, нейронных сетей, машинного обучения, которые являются одними из самых перспективных в будущей цифровизации растениеводства.

Наименьший интерес в настоящее время у исследователей представляет виртуальная и дополненная реальность, картирование уровня грунтовых вод, обнаружение остатков пестицидов в растениях и точное опыление. Менее 1% публикаций посвящены этим тематикам. Их можно отнести к областям

задельных исследований, которые только зарождаются, а пик их использования придется на период через 10-15 лет (рис. 30).

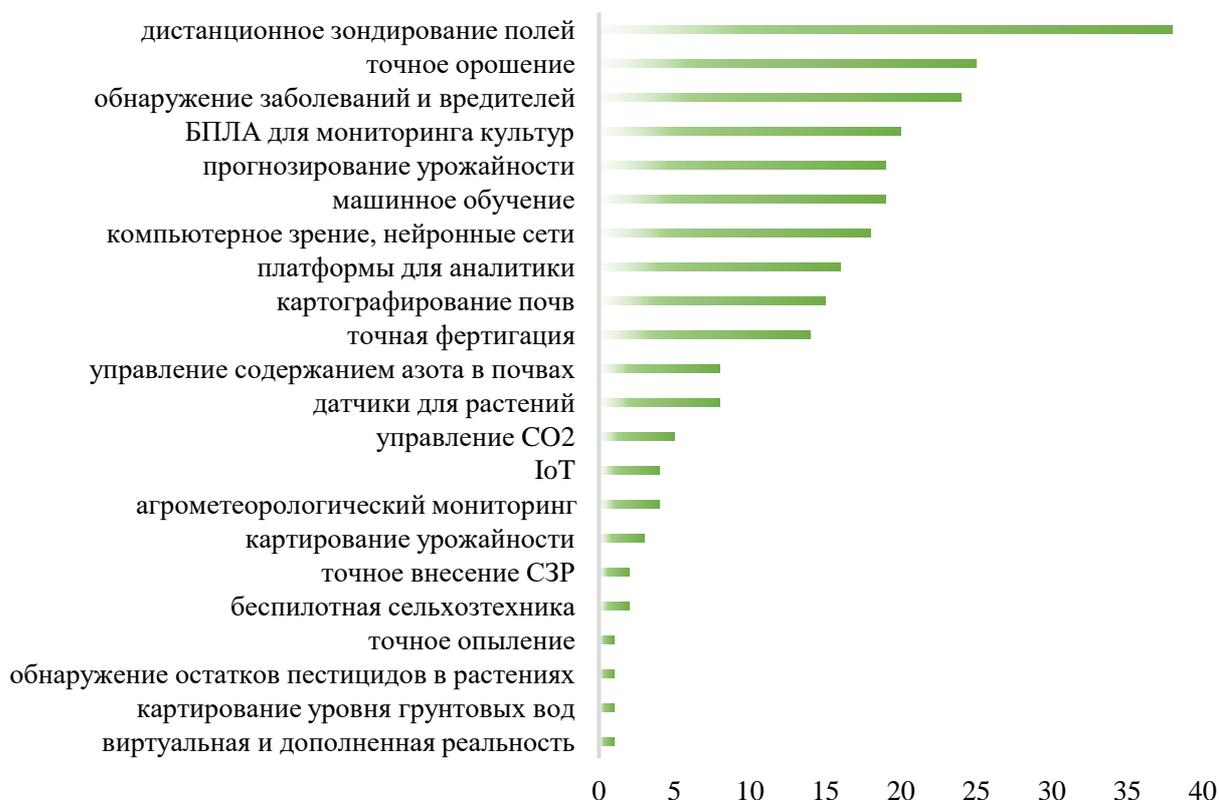


Рисунок 30 – Распределение публикаций в области точное земледелие в БД Web of Science в 2018-2021 гг.

Интересно, что технологии точного земледелия также используются для управления углекислым газом, выделяемым в процессе выращивания, а также для мониторинга и прогнозирования агрометеорологических условий, что говорит о внимании исследователей к вопросам экологии.

Теперь рассмотрим исследования по теме точного земледелия в нашей стране. На рисунке 31 видно, что интерес российских исследователей к теме точного земледелия в последние годы показал значительный рост. В тоже время этого количества недостаточно для полноценного изучения внедрения технологий точного земледелия в сельскохозяйственное производство. В США или КНР количество публикаций в десятки раз больше и охват тематик превышает охват российских исследований.

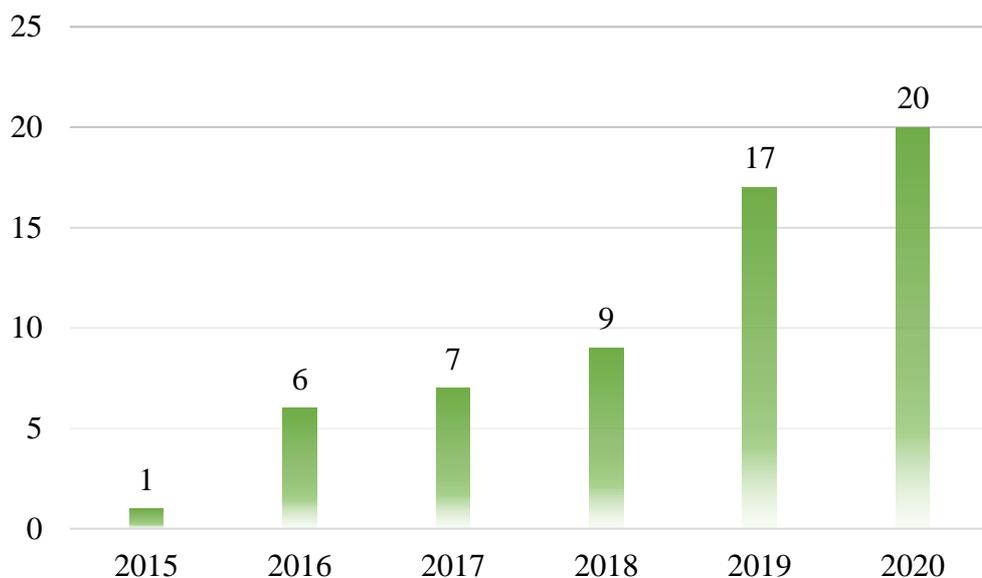


Рисунок 31 – Динамика публикаций в области точного земледелия российских исследователей в БД Web of Science

Структура публикаций российских исследователей немного отличается от мировой картины (рис. 32).



Рисунок 32 – Распределение публикаций российских исследователей в БД Web of Science в 2018-2021 гг.

На первом месте по публикациям находится дистанционное зондирование полей с помощью спутникового мониторинга, беспилотные летательные аппараты и картирование почв. Уделяется внимание машинному зрению и нейросетям при обнаружении болезней растений.

Таким образом, в России необходимо увеличение активности исследователей в изучении технологий точного земледелия и расширения тематик исследований в области мониторинга агроэкологических условий, управления выбросами углекислого газа, точного внесения средств защиты растений, точного опыления, управления содержанием азота в почвах и др. Технологии точного земледелия обладают обширной областью применения, что позволит сделать отрасль растениеводства более экологичной и сократить расход удобрений, средств защиты растений, воды в процессе выращивания.

На основе проведенных исследований можно определить перечень критических технологий в области точного земледелия:

- цифровые системы для сбора, анализа и обработки больших массивов данных о состоянии почв и сельскохозяйственных растений;
- базовые программные модели с приемами автоматизированного проектирования элементов прецизионных систем земледелия на основе принципов биологизации, ресурсосбережения и экологической безопасности;
- автоматизация агротехники – роботы, GPS-навигация, телематика, точный высеv и опрыскивание, дифференцированное внесение удобрений;
- энерго- и ресурсосберегающие машины с возможностями высокоточного геопозиционирования с использованием системы ГЛОНАСС;
- технологии мониторинга агрохимических и микробиологических показателей почвы сельскохозяйственных угодий [66].

На основе выявленных критических технологий появляется возможность сформулировать перспективные для России направления исследований и разработок. Далее представлены эти направления, сгруппированные по двум

большим блокам, и оценка того, на каком уровне, по отношению к мировому опыту, они находятся в нашей стране по пятибалльной шкале.

1. Организационно-управленческие технологии и техническое обеспечение в области растениеводства [66]. Данная область исследования включает в себя 3 основных области заделных исследований:

1) организационно-управленческое программное обеспечение, работающее с базой данных и электронными картами полей;

2) программное обеспечение для мониторинга работы техники в сельском хозяйстве;

3) высокоэффективные машинные технологии производства сельскохозяйственной продукции.

Как показали проведенные исследования, вышеперечисленные области заделных исследований по пятибалльной шкале находятся на уровне 3, т.е. в России имеются отдельные научные коллективы и компании, исследования и разработки которых находятся на мировом уровне (табл. 15).

Организационно-управленческие технологии и техническое обеспечение в области растениеводства состоят из современных компьютерных продуктов и методов, позволяющих усовершенствовать процесс управления и повысить его эффективность в отрасли растениеводства. Данные программы позволяют структурировать информацию, производить ее оперативную обработку, формировать отчеты и задания, обеспечивать информационную поддержку для принятия управленческих решений, что делает управление сельскохозяйственным производством более удобным и эффективным.

Таблица 15 – Перспективные направления тематической области исследований «Организационно-управленческие технологии и техническое обеспечение в области растениеводства» [66]

Область заделанных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Организационно-управленческое программное обеспечение, работающее с базой данных и электронными картами полей</p>		<p>Анализ структурированности информации о предприятии и производственном процессе.</p> <p>Исследования планирования и моделирования выполненных технологических операций.</p> <p>Формирование отчетов и заданий.</p> <p>Системы мониторинга и управления общероссийской базой данных о генетических коллекциях растений.</p> <p>Исследования направлений инженерно-технической, организационной и социально-психологической работы, направленной на повышение эффективности и бережливости использования техники в АПК</p>
<p>Программное обеспечение для мониторинга работы техники в сельском хозяйстве</p>		<p>Мониторинг работы комбайнов, тракторов и прицепного оборудования.</p> <p>Использование камер видимого спектра для определения площади используемых пахотных земель и пустующих участков, оценка всхожести и степени спелости сельскохозяйственных культур, определение качества механизированной обработки почвы</p>
<p>Высокоэффективные машинные технологии производства сельскохозяйственной продукции</p>		<p>Создание научных основ для разработки техники нового поколения с использованием робототехники.</p> <p>Разработка новых наукоемких электротехнологий и оборудования с использованием нетрадиционных видов и возобновляемых источников энергии.</p> <p>Оптимизация рабочих параметров техники.</p> <p>Расширение выпуска многофункциональных комбинированных машин.</p> <p>Новое оборудование и приборы с использованием нанотехнологий для технического сервиса сельскохозяйственных машин</p>

Техническое обеспечение ориентировано на внедрение новейших и модернизированных систем машин, позволяющих сокращать потери трудовых, финансовых ресурсов и продукции. Данная область включает применение многооперационных комбинированных машин и орудий, создание мобильных энергомашин с оптимальными технико-эксплуатационными параметрами, формирование оптимальных составов машинно-тракторного парка для каждого товаропроизводителя, автоматизацию и компьютерное управление сельскохозяйственными техническими системами. Управление сельскохозяйственным производством осуществляется благодаря прогрессивно-информационным системам и техническому обеспечению.

2. Энергосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур на основе принципов биологизации и экологической безопасности [66]. Данная область исследования включает в себя 7 основных области заделных исследований:

- 1) технологии энергосберегающего экологически безопасного производства продукции растениеводства;
- 2) технологии точного земледелия и программные модели с приемами автоматизированного проектирования элементов прецизионных систем;
- 3) системы локально дифференцированного внесения удобрений;
- 4) модели сбора и быстрой передачи данных о состоянии сельскохозяйственных растений в режиме реального времени;
- 5) роботизированное управление агропромышленным комплексом;
- 6) системы фертигации;
- 7) технологии точного орошения.

Проблему ресурсосбережения следует рассматривать с позиций агроэкологических проблем земледелия, систем производства растениеводческой продукции, машинных технологий и машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства, учитывая, что

они являются ключевыми ресурсами при производстве сельскохозяйственной продукции.

Система точного земледелия включает в себя комплекс прогрессивных ресурсосберегающих технологий, позволяющих значительно снизить себестоимость производимой продукции. Это электронные карты полей, высокоточное агрохимическое обследование, навигационная система для сельскохозяйственных машин разного уровня точности, мониторинг техники, система картирования урожайности, система дифференцированного внесения удобрений и интеграционный подход к борьбе с сорняками, вредителями и болезнями растений, использование районированных семян высших репродукций, высокоотзывчивых к новым технологиям, внедрение адаптивно-ландшафтных систем земледелия [78].

Новая технология возделывания сельскохозяйственных культур при дифференцированном использовании минеральных удобрений требует создания новых машин и орудий, способных выполнять требуемые операции с качеством точного, координатного земледелия, с возможностью обеспечения каждого растения на элементарном участке поля оптимальным количеством недостающих питательных элементов. Важным является не только знать потребность сельскохозяйственных культур в недостающих питательных элементах, но и то, чтобы максимально точно эти питательные элементы доставить непосредственно к растениям.

Беспроводные модели сбора и быстрой передачи больших массивов данных о состоянии сельскохозяйственных растений в режиме реального времени позволят провести мониторинг сельскохозяйственных земель в целях предотвращения их выбытия, сохранения и вовлечения в сельскохозяйственное производство, разработки программ сохранения и восстановления плодородия почв, обеспечения государственных органов, включая органы исполнительной власти, осуществляющих государственный земельный контроль, юридических и физических лиц, а также сельскохозяйственных товаропроизводителей всех

форм собственности достоверной информацией о состоянии и плодородии сельскохозяйственных земель и их фактическом использовании [90].

Разнообразие сельскохозяйственных культур, возделываемых в различных природно-климатических условиях, предопределяет применение различных способов и техники орошения. Повышение требований, предъявляемых к способам и технике поливов, в особенности к качеству полива, экономии водных и земельных ресурсов, производительности труда, обусловило необходимость не только совершенствовать существующие, но и разрабатывать нетрадиционные способы и технологии орошения. Все большую значимость приобретают разработка и внедрение экологически безопасных, энерго- и ресурсосберегающих технологий. При этом нельзя ограничиваться оценкой только технических показателей поливной техники, а необходим более широкий подход к этой проблеме, учитывающий условия, способы и технологии полива.

В системах фертигации удобрения доставляются через оросительную воду. Использование фертигации позволяет достичь высокоточной подачи питательных веществ растениям. Малые и частые применения удобрений в точных количествах, отвечающих требованиям культур, повышают эффективность поглощения питательных веществ и минимизируют потерю удобрений. Однако использование фертигации требует достаточного знания и тщательного управления. Поскольку применение удобрений является неотъемлемой частью оросительной системы, следовательно, система должна быть правильно спроектирована [88].

Как показал проведенный опрос, большинство из исследуемых областей заделанных исследований также, как и в предыдущем случае находятся на уровне 3, а такие области как «Модели сбора и быстрой передачи данных о состоянии сельскохозяйственных растений в режиме реального времени», «Роботизированное управление агропромышленным комплексом», «Системы фертигации», «Технологии точного орошения» – на уровне 2 (табл. 16) [66].

Таблица 16 – Перспективные направления тематической области исследований «Энергосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур на основе принципов биологизации и экологической безопасности» [66]

Область заделных исследований	Уровень ИиР	Приоритеты ИиР
<p>Технологии энергосберегающего экологически безопасного производства продукции растениеводства</p>		<p>Разработка высокоточных методов возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих дифференцированное и безопасное использование природных биологических и техногенных ресурсов, с устойчивой продуктивностью, высоким потребительским качеством сырья и готовой продукции.</p> <p>Разработка эффективных и безопасных для окружающей среды зональных систем первичного и промышленного семеноводства, обеспечивающих выход высококачественных семян, ускоренное освоение новых сортов и гибридов в производстве.</p> <p>Создание новых ресурсо- и энергосберегающих агротехнологий использования пестицидов и биопрепаратов в прогрессивных региональных системах интегрированной защиты растений, отвечающих требованиям экономической эффективности, биологической, химической и экологической безопасности.</p>
<p>Технологии точного земледелия и программные модели с приемами автоматизированного проектирования элементов прецизионных систем</p>		<p>Интегрированные подходы к борьбе с сорняками, вредителями и болезнями растений.</p> <p>Применение GPS-навигации в системах параллельного вождения, позволяющих снизить расход средств защиты растений до 10% во время перекрытий при смежных проходах агрегата.</p> <p>Использование узкоспециальной технологии точечного применения гербицидов (использование специальных сенсорных систем типа WeedSeeker).</p> <p>Разработка способов минимизации расхода средств защиты на полях посредством дифференцированного смешивания препаратов с использованием комплекса инструментов, позволяющих производить смешивание препарата и воды непосредственно перед подачей в штанги.</p> <p>Формирование единого информационного пространства в комплексе с программными, техническими и коммуникационными средствами, обеспечивающими</p>

		<p>целостность, оперативность и экономическую эффективность принимаемых решений.</p> <p>Разработка технологии, позволяющей осуществлять сельскохозяйственное производство без нарушения экологического баланса в агроэкосистемах и агроценозах.</p> <p>Применение программных разработок для составления и расчета электронных технологических карт возделывания сельскохозяйственных культур (расчет норм удобрений в севообороте балансовым методом).</p> <p>Применение программных разработок для оценки состояния почвенного комплекса и его влияния на уровень интенсификации производства (расчет экологического потенциала и уровня почвоутомления в севооборотах, сравнительная оценка биологической активности почвы, определение влияния степени эродированности почвы на урожайность полевых культур, определение влияния факторов биологизации земледелия на баланс гумуса и питательных веществ в почве).</p> <p>Применение программных разработок для оценки экологических рисков при планировании в размещении основных производственных мощностей.</p> <p>Исследования в области информационных технологий для целей развития точного (прецизионного) и интеллектуального сельского хозяйства и интегрированного управления агропромышленным комплексом.</p> <p>Разработка зональных требований к прецизионному земледелию, районирование технологий под специфику агроклиматических условий и климатических изменений.</p>
<p>Системы локально дифференцированного внесения удобрений</p>		<p>Использование специальных сканеров и сенсоров для оценки состояния посевов, последующего дифференцированного внесения удобрений и средств химической защиты растений (пестицидов) в зависимости от состояния культурных растений, наличия сорняков на отдельных участках поля.</p> <p>Составление подробных агрохимических карт (на основании почвенных анализов), с точными отклонениями по содержанию азота, фосфора и калия.</p> <p>Разработка режима off-line, предусматривающего предварительную подготовку на стационарном компьютере карты-задания, в которой содержатся пространственно-привязанные с помощью GPS дозы удобрения для каждого элементарного участка поля.</p>

		<p>Разработка и использование техники, оснащённой GPS-приёмником и управляющим контроллером сельскохозяйственной техники.</p> <p>Внедрение технологий внесения удобрений в режиме реального времени (on-line), предполагающую предварительное проведение калибровки непосредственно на посевах перед выполнением операции.</p> <p>Изучение направлений использования побочных продуктов сельскохозяйственной деятельности для замещения агрохимикатов органическими удобрениями.</p> <p>Разработка научных подходов к широкому применению новых видов высококонцентрированных органических удобрений, вносимых микродозами и обладающими длительным воздействием на процессы восстановления и генерирования гумусного слоя почвы.</p> <p>Исследования в сфере системных экотехнологий, направленные на создание эффективных методов предотвращения деградации агроэкосистем и их восстановления после негативных воздействий, на повышение естественной устойчивости агроэкосистем к опасным и экстремальным природным явлениям, болезням, вредителям, интенсивной хозяйственной нагрузке.</p>
<p>Модели сбора и быстрой передачи данных о состоянии сельскохозяйственных растений в режиме реального времени</p>		<p>Исследования в области робототехники и комплексных информационных решений управления технологическими процессами и производством.</p> <p>Разработка моделей и методов сбора данных о состоянии земельных ресурсов и долгосрочного прогнозирования изменения их характеристик, в том числе методы анализа и оценки энергопотенциала органического вещества почвы.</p> <p>Разработка системы умного управления технологическими процессами и автоматизированного регулирования экономических процессов в агропромышленном комплексе.</p> <p>Использование механизмов геоинформационного моделирования для задач принятия решений.</p> <p>Моделирование программ для дешифрирования сельскохозяйственных угодий, которые имеют свои особенности.</p> <p>Использование данных SIR-C и AIRSAR для оценки возможности радиолокационного зондирования для выделения различных видов растительности и оценки биомассы.</p>

		<p>Создание ПО для сбора и обработки собранных данных в интересах точного земледелия.</p> <p>Использования беспилотников в сельском хозяйстве для детального картографирования.</p> <p>Разработка модуля для доступа к отраслевым архивам спутниковых данных с использованием формата WMS</p>
Роботизированное управление агропромышленным комплексом		<p>Управление, контроль технического состояния, эксплуатация и согласование между собой автотехнических, машинотракторных средств и агроботов с использованием системы ГЛОНАСС/GPS.</p> <p>Внедрение «безлюдных систем» в агропромышленном комплексе, включающих в себя системы комплексного космического – наземного геопозиционирования сверхвысокой точности.</p> <p>Роботы и системы роботов с роевым искусственным интеллектом для безлюдного АПК; роботизированные системы сбора, первичной обработки, промежуточного хранения и транспортировки сельскохозяйственного сырья.</p> <p>Разработка интерактивных инструкций с дополненной реальностью, 3D-диспетчеризация ИС здания, контроль состояния инженерных конструкций.</p>
Системы фертигации		<p>Разработка технологий производства высокопроизводительного оборудования с централизованным управлением как для тепличных, так и для открытых хозяйств.</p> <p>Повышение эффективности оборудования за счет усовершенствования программного обеспечения, позволяющего еще проще управлять оборудованием для фертигации и расширить ее функционал.</p> <p>Моделирование равномерной и сбалансированной подачи воды и питательных элементов для каждого растения, позволяющее сократить энергопотребление, расход воды и элементов питания в 2–5 раз в сравнении с иными способами полива.</p> <p>Улучшение технологии использования минеральных удобрений, внесение их в оптимальных дозах и соотношениях, правильное хранение.</p>
Технологии точного орошения		<p>Разработка систем фильтрации и предварительной подготовки воды в ирригационных системах, позволяющих эффективно предотвращать засоление почв.</p>

		<p>Использование взаимосвязанных нано-технологических и микробиологических решений для тонкой фильтрации, обеспечивающей полную очистку стоков от органических соединений.</p> <p>Изучение закономерностей распространения влаги в почве и теоретическое обоснование режимов орошения в зависимости от применяемых технических средств полива.</p> <p>Выявление влияния различных способов малообъемного орошения на величину суммарного испарения с орошаемого поля</p> <p>Разработка технологии создания модульных систем малообъемного орошения при возделывании различных сельскохозяйственных культур.</p> <p>Разработка и экспериментальная апробация режимов орошения сельскохозяйственных культур с учетом особенностей различных технологий малообъемного орошения.</p> <p>Разработка типовых схем систем малообъемного орошения, обеспечивающих достижение расчетной продуктивности сельскохозяйственных культур при соблюдении требований экологической безопасности.</p> <p>Разработка рекомендаций по модернизации существующих оросительных систем на основе типовых схем оросительной сети малообъемного орошения.</p> <p>Разработка методов точного орошения, полива растений с учетом фактического уровня увлажнения и соответствия его уровня нормативным требованиям, с выбором режима полива с минимизацией расхода воды</p>
--	--	--

Таким образом, точное земледелие – это перспективное направление научно-технологического развития сельского хозяйства, как в России, так и в мире, область исследований которого очень обширна и разнообразна. Это и беспилотная сельскохозяйственная техника, и нейросети и машинное зрение, и беспилотные летательные аппараты и платформы для аналитики полученных данных и их прогнозирования. При этом в России научные исследования и разработки ведутся по весьма ограниченному ряду тематик, что при имеющемся научном потенциале необходимо исправлять. Приоритетными тематическими областями исследований и разработок в точном земледелии для нашей страны

являются «организационно-управленческие технологии и техническое обеспечение в области растениеводства» и «энергосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур на основе принципов биологизации и экологической безопасности». Исследования, проводимые в рамках данных тематик, проводятся ограниченным количеством научных коллективов и компаний, но при этом они соответствуют мировому уровню исследований.

Далее необходимо посмотреть соответствие российского рынка технологий точного земледелия и выявленных приоритетных направлений исследований и разработок.

3.2. Российский рынок технологий точного земледелия

В настоящее время российский рынок информационно-компьютерных технологий в растениеводстве оценивается в 360 млрд руб. или 5 млн устройств. К 2026 г. он вырастет не менее, чем в 5 раз. По уровню цифровизации сельского хозяйства Россия занимает 15-е место в мире. При этом, мировой рынок технологий точного земледелия по оценкам превысит 12 млрд долл. Наибольшие темпы роста (более 14%) имеют такие сегменты как точное опрыскивание, удаленный мониторинг полей и управление большими данными сельхозтоваропроизводителей [84].

России принадлежит лишь 1-2% мирового рынка умного сельского хозяйства. При этом наибольший сегмент рынка – это технологии точного земледелия. Эти технологии в долгосрочной перспективе будут использоваться практически в каждом хозяйстве России, что позволит сократить себестоимость производства зерна на 30-40% [41].

К основным сегментам данного рынка, представленным в России, можно отнести:

➤ системы навигации и телеметрии (системы точного позиционирования агрегата в поле, системы параллельного вождения, системы картирования урожайности);

➤ дистанционное зондирование Земли (своевременное обнаружение и локализация участков угнетенного состояния растительности);

➤ геоинформационные системы – информационные системы, оперирующие пространственными данными;

➤ технология дифференцированного внесения удобрений (обеспечение изменения доз удобрений в зависимости от состава почвы, планируемой урожайности и потребностей каждой зоны поля) [20].

На рис. 33 представлено примерное соотношение перечисленных сегментов российского рынка технологий точного земледелия.

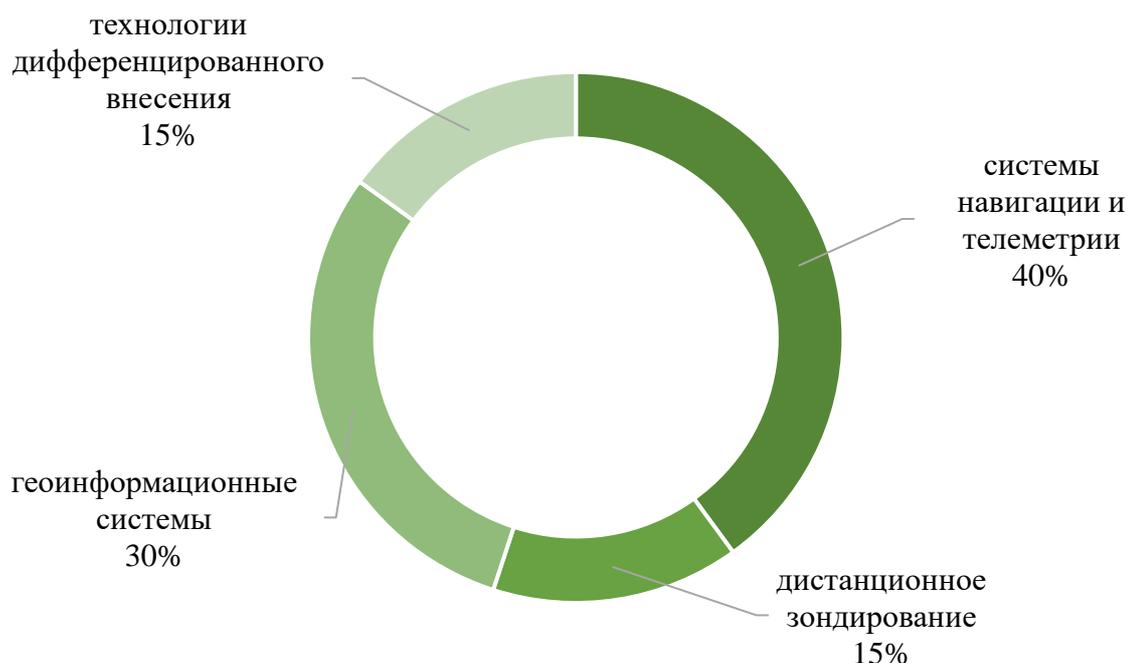


Рисунок 33 – Структура российского рынка технологий точного земледелия

Помимо этого, к рынку технологий точного земледелия можно отнести и сельскохозяйственных роботов (беспилотные транспортные средства и летательные аппараты), автоматизированные системы вегетации сельхозкультур (сенсорные датчики для измерения свойств почвы и растений) и технологии Big

Data. Эти технологии обеспечивают эффективную работу систем точного земледелия. Развитие точного земледелия способствует генерации огромных массивов данных, обработка и анализ которых с помощью технологий Big Data, позволит принимать обоснованные решения об урожайности сельскохозяйственных культур, сборе урожая и т.д.

Наиболее востребованными продуктами на рынке технологий точного земледелия являются технологии спутникового позиционирования сельхозтехники и оборудования, системы мониторинга и контроля качества выполненных работ, систем учета и контроля ресурсов [51].

В ближайшем будущем ожидается рост спроса на системы поддержки принятия решений, приложения точного земледелия, системы управления производством, контроля здоровья растений; пользовательские интерфейсы и единые платформы, интегрирующие различные инструменты управления сельскохозяйственным предприятием, в том числе на основе облачной среды; автоматизированные системы для сбора урожая [67].

Согласно экспертному опросу, проведенному Институтом статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ, спрос на цифровые технологии в сельском хозяйстве к 2030 г. вырастет по отношению к 2020 г. в 15,8 раз (рис. 34). То есть темп ежегодного прироста будет составлять до 32%.

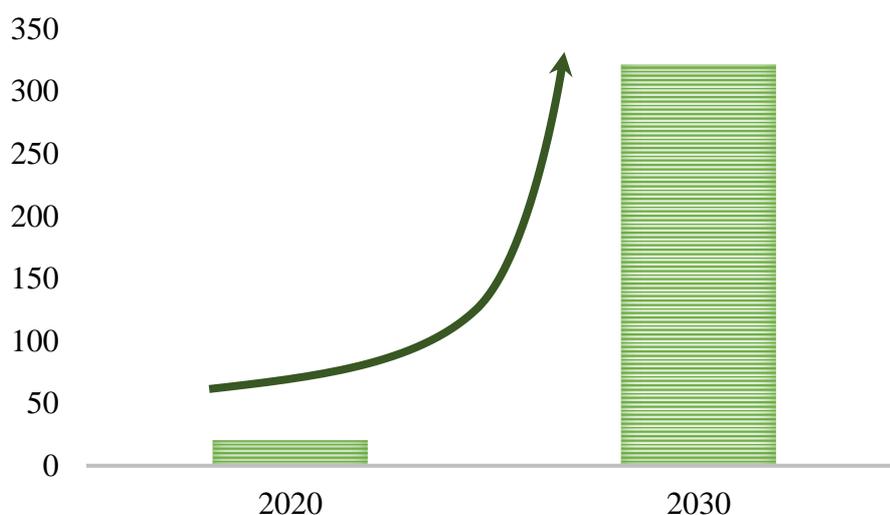


Рисунок 34 – Прогноз роста спроса на цифровые технологии в сельском хозяйстве России к 2030 г. [84]

Системам точного земледелия в общей структуре цифровых технологий принадлежит около 40%. Рост спроса на технологии сенсорно-моторной координации и пространственного позиционирования будет обусловлен активным переводом процесса управления сельскохозяйственной техникой из ручного режима в дистанционный в целях экономии имеющихся ресурсов и снижения человеческого фактора.

На российском рынке пока что мало отечественных производителей технологий точного земледелия. Наиболее крупные из них:

Дистанционное управление техникой:

1) ООО «Ратос» и ООО «КСМ-Интех» – технологии параллельного вождения и отслеживания движения сельскохозяйственной техники;

2) ООО «ЦТЗ Аэросоюз» – система параллельного вождения с возможностью автоматизированного и дифференцированного внесения удобрений и опрыскивания;

3) Ростсельмаш – система дистанционного мониторинга и телеметрии сельхозтехники;

4) «Техноком» – система дистанционного мониторинга расходования средств производства;

5) ГК «Когнитивные технологии» и Ростсельмаш – беспилотная сельскохозяйственная техника;

6) КБ «Аврора Роботикс» – системы автопилотирования в сельском хозяйстве;

Дифференцированное внесение удобрений и других средств:

7) «Агроноут» – точное внесение удобрений, агроэкологическая оценка земель, IT-сервисы для сельского хозяйства;

Комплексные системы управления:

8) «ИнТерра» – единая система управления агрономической службой сельхозпредприятий «СкайСкаут»;

9) ООО «Инфобис» – цифровая платформа управления агробизнесом «АгроСигнал»;

10) АгроМон – цифровая система для эффективного растениеводства;

11) DigitalAgro – сервис для отслеживания агрометеорологических показателей;

12) «Геомир» – облачный сервис «История поля».

Дистанционное зондирование:

13) «Геоскан», «Беспилотные технологии», «ГеоСервис» – беспилотные летательные аппараты в сельском хозяйстве.

Таким образом, на российском рынке технологий точного земледелия преобладают сервисы параллельного вождения, оптимизирующие расход горюче-смазочных материалов и контролирующие ход посевных/уборочных работ, сервисы спутникового мониторинга посевов и мониторинга с помощью беспилотных летательных аппаратов – контроль индекса NDVI, карта подземных вод, оптимизация использования расходных материалов [64].

3.3. Дорожная карта внедрения систем точного земледелия в России

Суть построения дорожных карт заключается в поиске оптимального пути перемещения из нынешнего состояния в будущее. Дорожные карты создаются по результатам проведенных форсайт-исследований.

Дорожные карты предназначены для разработки и визуального представления средне- и долгосрочной стратегии развития отрасли растениеводства. Разработка дорожных карт основывается на построении ключевых событий – уже свершившихся или прогнозируемых событий, которые способны оказать влияние на направления научно-технологического развития.

Задача дорожных карт – отобразить оптимальный маршрут или варианты маршрутов, позволяющие прийти к заданной цели. Временной горизонт дорожных карт обычно составляет от пяти до пятнадцати лет. При их построении

большое внимание уделяется представлению результатов в максимально понятной форме, доступной для широкого круга заинтересованных лиц.

На первом этапе построения таймлайна научно-технологического развития точного земледелия в России необходимо выявить наиболее вероятные ключевые события в отрасли с привязкой к временной шкале в виде последовательности их наступления.

Научно-технологическое развитие точного земледелия – это объективный процесс, но в тоже время его направления зависят от событий различного характера (политического, экономического, природно-климатического и т.д.), которые способны оказать влияние на отрасль. Наступление таких событий может привести к совершенно различным сценариям дальнейшего развития. В связи с этим, одной из задач прогнозирования научно-технологического развития является выявление ключевых событий в отрасли и вероятные временные границы их наступления. Ключевые события определялись посредством анализа различных информационно-аналитических докладов, научных статей, нормативно-правовой документации и т.д.

Все вероятные ключевые события разделены нами на 5 групп: политические, экономические, природно-климатические, технологические, экологические (рис. 35). Они взаимосвязаны и взаимообусловлены между собой [63].

К политическим ключевым событиям относятся события нормативно-правового, экономического характера, регулирующие внедрение и использование технологий точного земледелия. Ключевым политическим событием 2020-2025 гг. станет легализация использования генно-модифицированных организмов в сельском хозяйстве зарубежных стран. Это может привести к потере конкурентоспособности российской продукции растениеводства на мировом рынке, так как использование ГМО позволяет существенно повысить урожайность культур.

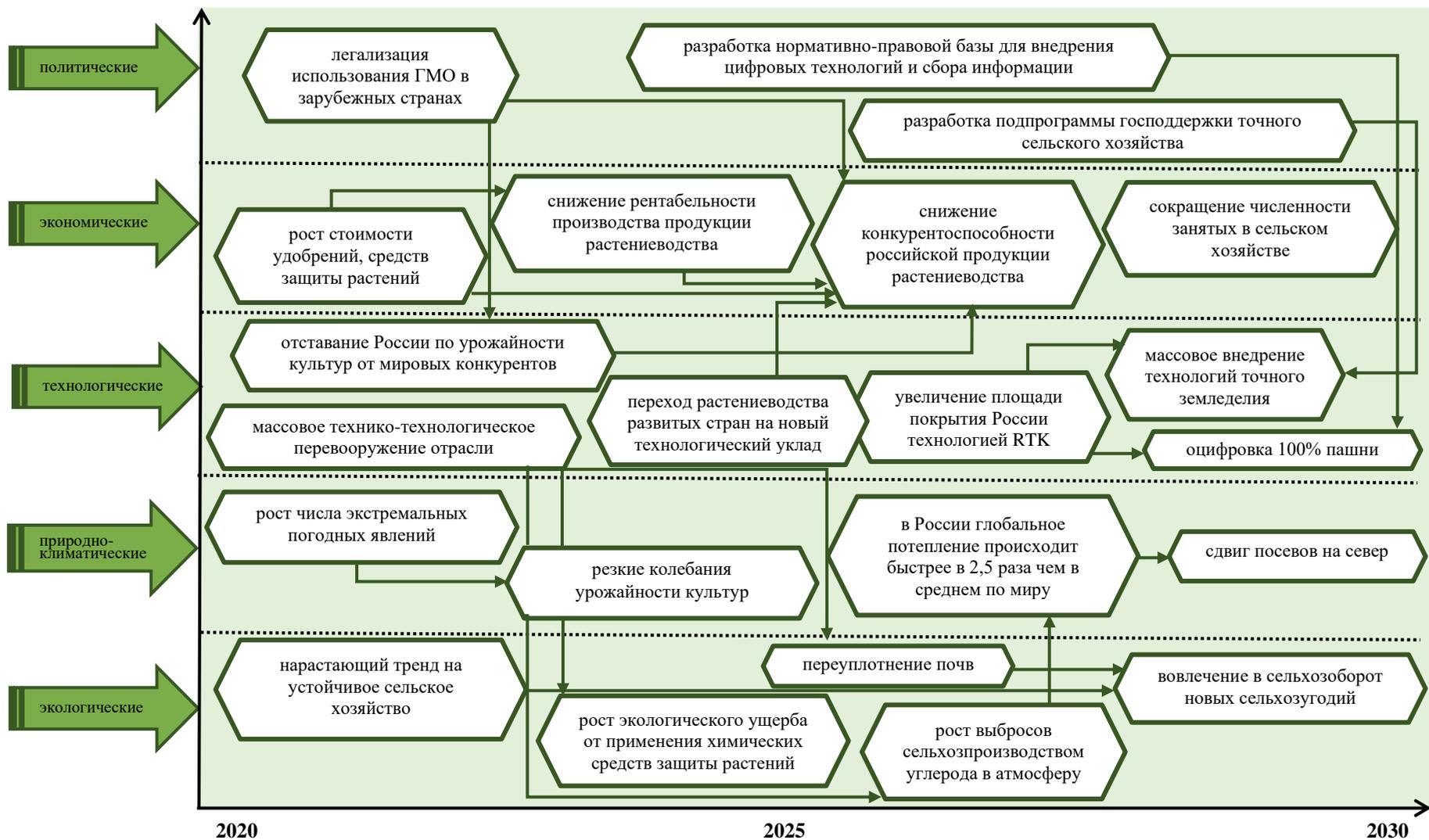


Рисунок 35 – Таймлайн ключевых событий развития точного земледелия в России

Конкурентоспособность российской продукции на мировом рынке в большей степени зависит от его себестоимости. Возможное ослабление рубля может привести к удорожанию семян, техники, агрохимии – того, что импортируется российскими сельхозпроизводителями, и соответственно, к росту себестоимости. Одним из решений данной проблемы является использование технологий точного земледелия в производственном процессе, цель которых значительная экономия ресурсов (до 40% удобрений, 10% семян) [7, 14]. Комплексное внедрение технологий точного земледелия позволяет сэкономить от 10 до 50% затрат. Помимо этого, повышение урожайности культур составит от 10 до 15%.

Как показывают исследования, полное соблюдение агротехники и использование системы точного земледелия позволяют также минимизировать влияние природно-климатического фактора [90].

Развитию точного земледелия будет способствовать и достижение технологического предела в урожайности культур, при котором имеющаяся техника будет неспособна увеличивать сбор урожая с одного гектара. К 2027 г. элементы точного земледелия будут использоваться до 50% хозяйств России. Для дальнейшего его развития необходима оцифровка всех полей, что планируется сделать в рамках ведомственной целевой программы «Цифровое сельское хозяйство» к 2030 г.

Ключевые события природно-климатического характера являются одними из наиболее важных в развитии отрасли растениеводства. До 2025 г. возможен рост количества экстремальных погодных условий, которые будут оказывать существенное влияние на урожай. Однако постепенное внедрение технологий точного земледелия позволят к 2025 г. минимизировать такое влияние. С их помощью появится возможность прогнозирования показателя урожайности и расчета различных сценариев. Начиная с 2025 г. технологии точного земледелия будут использоваться уже в более чем 50% хозяйств России. Для обслуживания производства продукции растениеводства после 2025 г. будет необходимо 1-2

человека, всю остальную работу будут делать роботы. Согласно программе «Цифровое сельское хозяйство» в 2030 г. будут оцифрованы 100% полей в России и получены более чем 100 тыс. данных о них. Для этого необходимо будет максимально возможное покрытие территории России технологиями Real Time Kinematic (RTK). Помимо этого, массовое развитие точного земледелия требует разработки нормативно-правовой базы, касающейся их использования в производстве и сбора информации, а также госпрограмм поддержки приобретения и внедрения технологий точного земледелия [75].

Интенсификация растениеводства приведет к росту выбросов углерода в атмосферу и глобальное потепление, которое и так в России происходит в 2,5 раза быстрее чем в среднем в мире, будет только наращивать свои темпы. К 2030 г. возможно начало процесса сдвига посевных площадей на север нашей страны, так как плодородные земли юга начнут деградировать. Это приведет к необходимости обработки больших площадей сельскохозяйственных угодий, ранее не освоенных. С помощью технологий дистанционного зондирования этот процесс станет менее трудоемким и ресурсозатратным.

По данным российских специалистов, переуплотнению сегодня подвержено более 80% сельхозугодий, что является причиной потерь 30% урожая и дохода сельхозтоваропроизводителей. Внедрение спутниковых систем навигации открывает возможность собрать информацию о состоянии почвы в любой точке участка и принять решение по выбору технологии механического воздействия, направленного на создание оптимальной плотности почвы [62, 66].

Все транспортные средства, оснащенные GPS, передвигаются по полю по постоянной технологической колее с взаимно согласованной шириной захвата. Одни и те же колесные колеи используются для обработки почвы, посадки и опрыскивания растений, а также уборки урожая. При использовании в земледелии постоянной технологической колеи зоны движения машин отделены от зон возделывания культур. Благодаря этому как минимум на 2/3 площади создаются условия для устойчивого улучшения структуры почвы. Технология

параллельного вождения позволяет сократить площади следов от машин до 14% от площади поля и повысить экономическую эффективность использования машин [62].

Нарастающий тренд в мировом сообществе на устойчивое развитие сельского хозяйства обуславливает необходимость оптимального использования удобрений, средств защиты растений – без нанесения вреда экосистемам. Технологии точного и дифференцированного внесения удобрений и СЗР являются одним из наиболее эффективных инструментов устойчивого развития.

Как уже говорилось ранее, таймлайн ключевых события является основой для дальнейшей разработки дорожной карты развития точного земледелия.

Дорожная карта научно-технологического развития точного земледелия представляет собой совокупность элементов, взаимосвязанных между собой и расположенных в хронологическом порядке с привязкой к временной шкале:

- 1) ключевых событий в зерновой отрасли;
- 2) приоритетных технологий точного земледелия, появление которых является следствием произошедшего ключевого события;
- 3) продуктов или услуг;
- 4) рынков, на которые можно выйти с полученными продуктами или услугами;
- 5) инструментов, имеющихся для выхода на эти рынки;
- 6) индикаторов, которые будут достигнуты в результате реализации всего вышеперечисленного [63].

На рисунке 36 представлена дорожная карта долгосрочного развития точного земледелия в России.

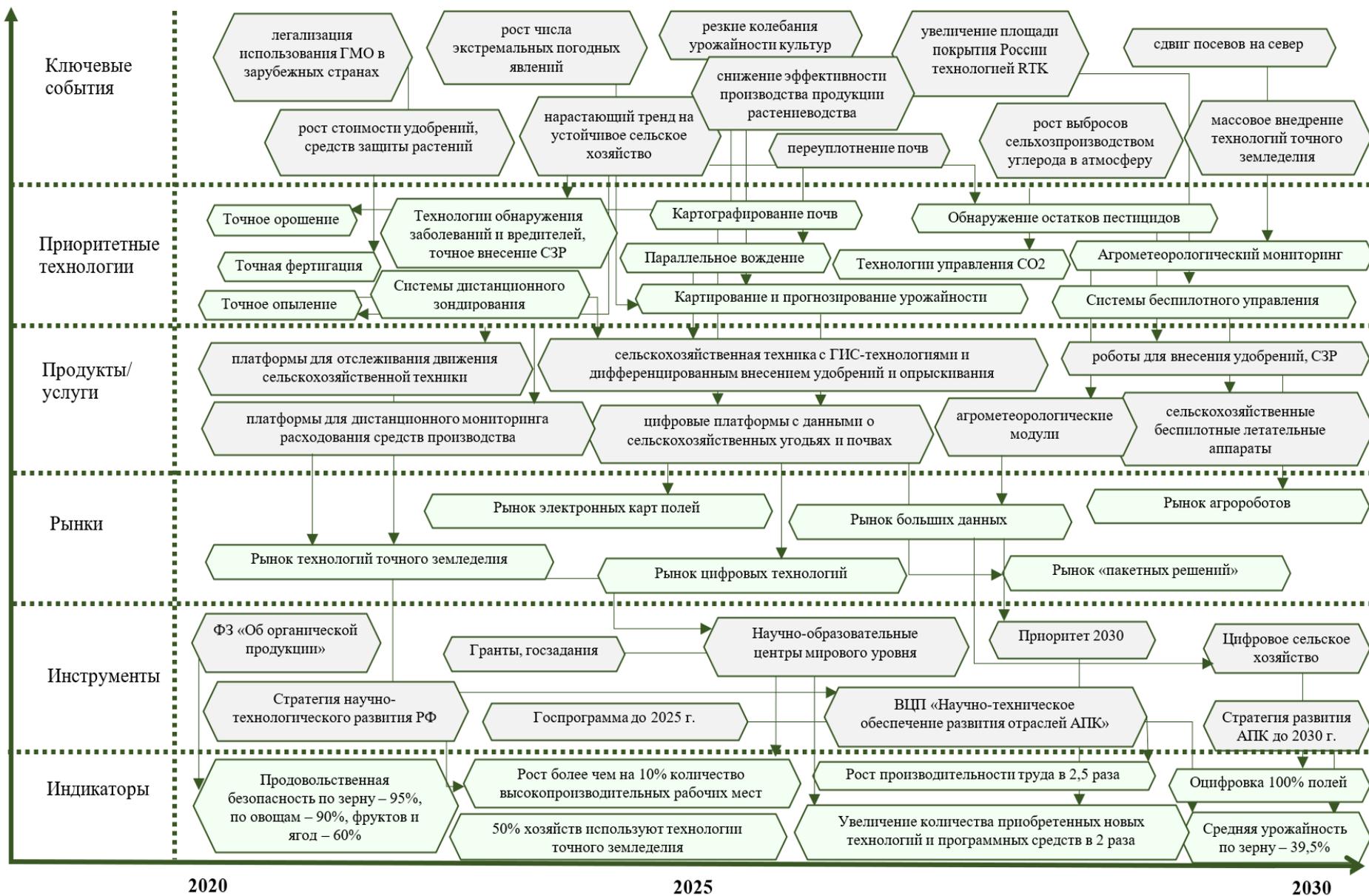


Рисунок 36 – Дорожная карта научно-технологического развития точного земледелия в России до 2030 г.

Приоритетные технологии точного земледелия – это ответ на вызовы, которые сейчас стоят перед отраслью растениеводства и последствия происходящих ключевых событий. Технологическим ответом на вызовы, связанные с потерей конкурентоспособности российской продукции растениеводства, являются точная фертигация и точное внесение средств защиты растений. Последствия роста числа экстремальных погодных условий можно сгладить с помощью картирования и прогнозирования урожайности сельхозкультур. Нарастающий тренд на устойчивое развитие требует развития технологий обнаружения остатков пестицидов и управления выбросами углекислого газа, а также возможно и технологий точного опыления. Дальнейшее покрытие территории России широкополосным интернетом и технологией RTK позволит обеспечить повсеместное использование систем беспилотного управления, как летательных, так и для сельскохозяйственных машин.

Таким образом, до 2030 г. приоритетными технологиями точного земледелия станут базовые программные модели с приемами автоматизированного проектирования элементов прецизионных систем земледелия на основе принципов биологизации, ресурсосбережения и экологической безопасности; автоматизация агротехники – роботы, GPS-навигация, телематика, точный высеv и опрыскивание, дифференцированное внесение удобрений; энерго- и ресурсосберегающие машины с возможностями высокоточного геопозиционирования с использованием системы ГЛОНАСС; технологии мониторинга агрохимических и микробиологических показателей почвы сельскохозяйственных угодий; цифровые системы для сбора, анализа и обработки больших массивов данных о состоянии почв и сельскохозяйственных растений.

Для реализации вышеперечисленных технологий в сельскохозяйственном производстве на рынках будут появляться следующие продукты:

- 1) платформы для отслеживания движения сельскохозяйственной техники;

2) платформы для дистанционного мониторинга расходования средств производства;

3) сельскохозяйственная техника с установленными ГИС-технологиями и дифференцированным внесением удобрений, СЗР и орошением;

4) цифровые платформы с данными о сельскохозяйственных угодьях и почвах;

5) агрометеорологические модули;

6) роботы для внесения удобрений, СЗР;

7) сельскохозяйственные беспилотные летательные аппараты.

В свою очередь, появление этих продуктов даст толчок для развития рынков технологий точного земледелия, электронных карт полей, цифровых технологий, больших данных, «пакетных решений», включающих в себя комплексную агротехнологию от точного высева до роботизированного сбора урожая, и рынок агроботов.

Инструментами для выхода на эти рынки станут:

1) Стратегия развития агропромышленного комплекса России до 2030 года; Научно-образовательный центр мирового уровня «Агротехнологии будущего»;

2) ВЦП «Научно-техническое обеспечение развития отраслей АПК»;

3) Программа стратегического академического лидерства «Приоритет-2030»;

4) Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»

5) Стратегия научно-технологического развития РФ и др.

В табл. 16 представлен прогноз достижения основных показателей развития точного земледелия и отрасли растениеводства в России до 2030 г.

Таблица 16 – Прогноз основных показателей развития точного земледелия и отрасли растениеводства в России до 2030 г.

Показатели					2030 г. к
	2019 г.	2025 г.	2027 г.	2030 г.	2019 г., %
Урожайность зерна, ц/га	26,5	32	35	39,5	149,1
Оцифрованная площадь пашни, %	15	45	70	100	666,7
Доля хозяйств, использующих технологии точного земледелия, %	10	50	65	80	800,0
Количество приобретенных новых технологий и программных средств, ед.	493	595	651	869	176,3
Уровень инновационной активности организаций, занимающихся растениеводством, %	4,8	8,6	10,5	14,5	302,1
Число высокопроизводительных рабочих мест, тыс. ед.	593,8	717,0	784,3	842,0	141,8
Затраты на технологические инновации, млн руб.	38976,1	47065,5	51477,9	58096,5	149,1

Благодаря повсеместному внедрению технологий точного земледелия в России (до 80% хозяйств к 2030 г.) урожайность зерновых достигнет показателя в 39,5 ц/га. Результаты цифровизации отрасли растениеводства – это оцифровка 100% полей к 2030 г., получение до 100 тыс. данных о них, перевод всей системы государственной поддержки отрасли в онлайн-режим.

Количество приобретенных новых технологий и программных средств в растениеводстве увеличится на 76,3%, что повысит и уровень инновационной активности организаций – до 14,5%, а также число высокопроизводительных рабочих мест в отрасли на 41,8% до 842 тыс. ед. по всей России. Затраты на технологические инновации сельхозтоваропроизводителей в этом случае составят чуть более 58 млрд руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, точное земледелие – это объективная необходимость для российской отрасли растениеводства. Повсеместное, не точечное, внедрение инновационных технологий позволит существенно сократить себестоимость производства продукции, что крайне необходимо России в современных условиях обострения конкуренции на мировом рынке агропродовольствия. Главные преимущества технологий точного земледелия отвечают всем требованиям устойчивого сельского хозяйства: экономия ресурсов, инновационность и предотвращение разрушительного воздействия средств производства на экосистемы.

Кроме того, в условиях постоянного сокращения численности трудовых ресурсов, которое будет продолжаться и в дальнейшем, удаленное управление процессом выращивания сельскохозяйственных культур дает возможность использования 1-2 работников на огромных посевных площадях.

Поэтому крайне важно уже сейчас начать создавать условия для повсеместного внедрения технологий точного земледелия по всей территории России. Во-первых, необходима нормативно-правовая основа использования беспилотных летательных аппаратов и передачи данных в сельскохозяйственном производстве. Во-вторых, качественное покрытие широкополосным интернетом и технологией RTK. В-третьих, инструменты государственной поддержки приобретения и внедрения систем точного земледелия сельхозтоваропроизводителями.

Отдельно здесь стоит вопрос обеспечения отрасли высококвалифицированными кадрами, владеющими цифровыми компетенциями, компетенциями в области роботостроения, управления дронами и т.д. Необходимо новое поколение работников. И основным стимулом для их привлечения в отрасль должно стать преломление стереотипа об ее отсталости в

технологическом развитии. Научно-технический прогресс меняет отрасль растениеводства до неузнаваемости. Сейчас это уже высокотехнологичная отрасль, умеющая с помощью цифровых решений генерировать огромные массивы данных о растениях, почвах, климате, обрабатывать их и принимать оптимальные для культур и экосистем решения.

Как показывает практика, все ранее названные проблемы решаемы, а эффект от использования технологий точного земледелия появляется уже в первый год. На российском рынке ежегодно появляется все больше отечественных решений в области точного земледелия, однако пока что их востребованность у сельхозтоваропроизводителей остается низкой. Создание соответствующих условий для их внедрения в производство даст толчок в развитии точного земледелия. А осознание руководителями предприятий, что за этими технологиями будущее сельского хозяйства и единственная возможность значительного роста производительности труда обеспечит технологический рывок в отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Emmi L. New trends in robotics for agriculture: Integration and assessment of a real fleet of robots / L. Emmi, M. Gonzalez-De-Soto, G. Pajares, P. Gonzalez-De-Santos // *The Scientific World Journal*. – 2014. – 21 p.
2. Gebbers, R., & Adamchuk, V.I. (2010). Precision Agriculture and Food Security. *Science*. 2010. 327. pp. 828-831.
3. Liao Y. Past, present and future of industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal // Y. Liao, F. Deschamps, E.D.F.R. Loures, L.F.P. Ramos / *Int J Prod Res*. – 2017. – Vol. 55 (12). – P. 3609-3629.
4. Maynard A.D. Navigating the fourth industrial revolution // *Nat Nanotechnol*. – 2015. – Vol.10 (12). – P. 1005-1006.
5. Mulla D.J. Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. Elsevier. 2012. pp. 358-371.
6. Precision agriculture technology for crop farming / Edited by Qin Zhang. – Washington State University Prosser, Washington, USA, 2016. – 382 с.
7. Precision Farming Market Worth \$10.23 Billion By 2025 | CAGR: 14.2% [Электронный ресурс] // Grand View Research. Режим доступа: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-precision-farming-market> (дата обращения: 06.08.2017).
8. Rudoy E.V. Crop production in Russia 2030: Alternative data of the development scenarios / E.V. Rudoy, M.S. Petukhova, A.F. Petrov, S.Yu. Kapustyanchik, I.N. Ryumkina, S.V. Ruymkin // *Data in Brief*. – Vol. 29. – 105077.
9. Rudoy E.V. Crop production in Russia 2030: Scenarios based on data from the scientific and technological development of the sector / E.V. Rudoy, M.S. Petukhova, S.V. Ruymkin, S.L. Dobryanskaya, A.V. Molyavko // *Data in brief*. 2019. – Vol. 25. – P. 103980.

10. Yousefi M.R., & Razdari A.M. Application of GIS and GPS in Precision Agriculture (A Review). International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 2014. pp. 473-476.

11. Акмаров П.Б., Газетдинов М.Х., Князева О.П. Состояние и основные направления развития цифровой экономики в сельском хозяйстве России // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т 14. – № 1 (52). – С. 107-112.

12. Алтухов А.И. Экономические проблемы инновационного развития зернопродуктового подкомплекса России / соавт. В.И. Нечаев. – М.: Изд-во Насирддинова В.В., 2015. – 476 с.

13. Алтухов, А.И., Дудин М.Н., Анищенко А.Н. Глобальная цифровизация как организационно-экономическая основа инновационного развития агропромышленного комплекса РФ // Проблемы рыночной экономики. – 2019. – № 2. – С. 17-27.

14. Анищенко А.Н. Agriculture 4.0 как перспективная модель научно-технологического развития аграрного сектора современной России / Анищенко А.Н., Шутьков А.А. // Продовольственная политика и безопасность. – 2019. – №3. – С. 130-139.

15. АПК будущего. Взгляд на сельское хозяйство сквозь призму анализа больших данных. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/31304-apk-budushchego/> (дата обращения 8.08.2020).

16. Баич Д. Геоинформационные системы и точное земледелие: концепция, теория и практика / Баич Д., Гнято Р., Трбич Г., Аджич Д., Гнято С., Тодорович С., Лукич Н. // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2019. – №3. – С. 51-61.

17. Беленков А.И. Точное (координатное) земледелие в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева: реальность и перспективы / А.И. Беленков,

А.Ю. Тюмаков, У.М. Сабо // Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та – 2015. – № 4 (126). – С. 5-10.

18. Бельский В.И. Преимущества и проблемы цифровизации сельского хозяйства // Сборник научных трудов «Проблемы экономики». – 2019. – № 1 (28). – С. 12-19.

19. Бетелин В. О новой технологической революции и готовности к ней экономики России / В. Бетелин // Экономист. – 2018. – №2. – С. 3-9.

20. Ващенко В.Р. Обзор Iot-платформ для сельского хозяйства / Ващенко В.Р., Федоренко С.А., Ефанова Н.В. // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты. – 2019. – С. 99-101.

21. Ведомственная целевая программа «Научно-техническое обеспечение развития отраслей агропромышленного комплекса». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/d5c/d5c01420a6a2833cfd38128c58f5a28d.pdf> (дата обращения 12.07.2020).

22. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.

23. Географическая информационная система и дистанционное зондирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info>.

24. Глобальные тренды и перспективы научно-технологического развития Российской Федерации: краткие тезисы [Текст]: докл. к XVIII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 11-14 апр. 2017 г. / Л.М. Гохберг, А.В. Соколов, А.А. Чулок и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2017. – 39 с.

25. ГОСТ 17194-76 Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Термины и определения.

26. ГОСТ 19675-74 Автоматизированные системы управления. Основные положения. Термины и определения.

27. ГОСТ 21.208-2013 Автоматизация технологических процессов. Обозначения условны е приборов и средств автоматизации в схемах.

28. ГОСТ 22268-76 Геодезия. Термины и определения (с Изменением №1), ГОСТ от 21 декабря 1976 года №22268-76 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005861> (accessed: 14.11.2016).

29. ГОСТ 23004-78 Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении и приборостроении. Основные термины, определения.

30. ГОСТ 25686-85. Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы. Термины и определения (с Изменением №1).

31. ГОСТ 26.228-85. Системы производственные гибкие, Термины и определения.

32. ГОСТ 34.003-90 Автоматизированные системы. Термины и определения.

33. ГОСТ ИЕС 61131-2-2012 Контроллеры программируемые. Часть 2. Требования к оборудованию и испытания.

34. ГОСТ Р 51840-2001. Программируемые контроллеры. Общие положения и функциональные характеристики.

35. ГОСТ Р 51841-2001 (МЭК 61131-2-92) Программируемые контроллеры. Общие технические требования и методы испытаний.

36. ГОСТ Р 52438-2005 Географические информационные системы. Термины и определения

37. ГОСТ Р 56084-2014. Глобальная навигационная спутниковая система. Система навигационно-информационного обеспечения координатного земледелия. Термины и определения [Текст]. – Введ. 2015–03–01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 6 с.

38. ГОСТ Р 56084-2014. Глобальная навигационная спутниковая система. Система навигационно-информационного обеспечения координатного

земледелия. Термины и определения [Текст]. – Введ. 2015– 03–01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 6 с.

39. ГОСТ Р 60.0.0.1-2016. Роботы и робототехнические устройства. Общие положения [Текст]. – Введ. 2018–01–01. – М.: Стандартиформ, 2016. – 7 с.

40. Зубарев Ю.Н. Зарубежный опыт применения технологии точного земледелия) [Электронный ресурс] / Ю. Н. Зубарев // Информационное агентство «Светич» – Режим доступа: <http://svetich.info/publikacii/tochnoe-zemledelie/zarubezhnyi-opyt-primeneniya-tehnologii-.html> (дата обращения 21.09.2020).

41. Игольникова И.В. Направления цифровизации и проблемы внедрения в сельском хозяйстве РФ // Ученые записки Российской академии предпринимательства. – 2019. – № 3. – С. 191-199.

42. Индикаторы инновационной деятельности: 2018: статистический сборник / Н. В. Городникова, Л. М. Гохберг, К. А. Дитковский [и др.]; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Издательство НИУ ВШЭ, 2018. – 344 с.

43. Интеллектуальные технические средства АПК: учеб. пособие / Е.В. Труфляк, Е.И. Трубилин. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 266 с.

44. Иосифов П.А. Об отраслевых центрах прогнозирования научно-технологического развития / П.А. Иосифов, А.С. Перванюк, М.В. Силуянова // Высшее образование в России. – 2012. – № 11. – С. 161-163.

45. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года: В 8 т. / Федеральная служба гос. статистики. М.: ИИЦ «Статистика России», 2018.

46. Как точное земледелие помогает аграриям экономить ресурсы и принимать более эффективные решения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://changeua.com/business/kak-tochnoe-zemledelie-pomogaet-agrariyam-ekonomit-resursyi-i-prinimat-bolee-effektivnyie-resheniya/> (дата обращения 11.12.2020).

47. Карпенко Г.Г. Материально-техническая база агропромышленного комплекса – фактор обеспечения продовольственной безопасности / Г.Г. Карпенко, А.Б. Мельников, В.В. Шевцов // Вестник Академии знаний. – 2020. – № 2 (37). – С. 137-143.

48. Лачуга Ю.Ф. Точное земледелие и животноводство – генеральное направление развития сельскохозяйственного производства в XXI в. // 3-я науч.-практ. конф. «Машинные технологии производства продукции в системе точного земледелия и животноводства» (16-18 июня 2004 г., Москва). – М., 2005. С. 8-11.

49. Лясников Н. В. Цифровой аграрный сектор России: обзор прорывных технологий четвертого технологического уклада // Продовольственная политика и безопасность. – 2018. – Т. 5. – № 4. – С. 169-182.

50. Макрак С. SMART-система управления материальными ресурсами в условиях развития циркулярной аграрной экономики в Республике Беларусь // Наука и инновации. – 2020. – №8. – С. 54-58.

51. Меденников В.И. Концепции к практической реализации единой цифровой платформы агропромышленного комплекса // МСХ. – 2020. – №5. – С. 77-81.

52. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития АПК в области точного сельского хозяйства, автоматизации и роботизации / Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко, Л.А. Дайбова, А.С. Креймер, Ю. В. Подушин, Е. М. Белая. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 199 с.

53. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития АПК России на период до 2030 года / Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко, Е.В. Рудой [и др.]; Саратовский государственный аграрный университет. – Саратов: ООО «Амирит», 2020. – 328 с.

54. Нестеренко Е.А. Направления развития цифровой экономики и цифровых технологий в России / Нестеренко Е.А., Козлова А.С. // Экономическая безопасность и качество. – 2018. – №2 (31). – С. 9 -14.

55. Норалиев Н.Х., Юсупова Ф.Э. Цифровые технологии в сельском хозяйстве // Вопросы науки и образования. – 2020. – № 8 (92). – С. 4-10.

56. О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 5 мая 2018 г. № 559. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/557308815> (дата обращения: 13.09.2018).

57. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 14.07.2012 № 717. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 23.09.2017).

58. О мерах по реализации государственной научно-технической политики в области сельского хозяйства [Электронный ресурс]: указ Президента РФ от 21.07.2016 г. №350. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 17.08.2017).

59. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]: Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420384257> (дата обращения: 13.09.2018).

60. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации // Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (дата обращения 11.11.2020).

61. Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года // Распоряжение Правительства РФ от 12 апреля 2020 года N 993-р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/564654448> (дата обращения 6.10. 2020).

62. Переуплотнение почв, плодородие и урожайность: связь очевидна / ГлавАгроном. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://glavagronom.ru/articles/pereuplotnenie-pochv-plodorodie-i-urozhaynost-svyaz-ochevidna> (дата обращения 21.09.2021).

63. Петухова М.С. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития зерновой отрасли России. Новосибирский государственный аграрный университет – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2021. – 180 с.

64. Пять российских приложений для точного земледелия вошли в ТОП лучших на рынке / Россельхозбанк. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rshb.ru/news/439869/> (дата обращения 04.09.2021).

65. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса РФ на период до 2030 года / под ред. Л.М. Гохберга; Минсельхоз России, Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд-во НИУ ВШЭ, 2016. – 56 с.

66. Прогноз научно-технологического развития отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие России, в период до 2030 года / А.Г. Папцов, А.И. Алтухов, Е.В. Рудой [и др.]; Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск, 2019. – 100 с.

67. Прогнозирование развития рынков критических технологий в отрасли растениеводства до 2030 г. / Е.В. Рудой, М.С. Петухова, Р.Р. Галеев [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 4. – С. 5–9.

68. Рунов Б. А. Основы технологии точного земледелия. Зарубежный и отечественный опыт. – 2-е изд., исправ. и дополн. / Б. А. Рунов, Н. В. Пильникова. – СПб.: АФИ, 2012. – 120 с.

69. Садов А.А. Проект дистанционного комплекса измерения почвенных показателей как инструмент цифровизации сельского хозяйства / Садов А.А., Потетня К.М., Устюгов А. Д., Носков А.И. // Научно-технический вестник технические системы в АПК. – 2020. – № 2 (7). – С. 45-51.

70. Санду И.С. Научные основы и особенности инновационного развития аграрного сектора экономики / И.С. Санду, И.В. Кирова // Прикладные экономические исследования. – 2018. – №3(25). – С. 4-11.

71. Сибиряев А.С. Цифровая трансформация и цифровые платформы в сельском хозяйстве / Сибиряев А.С., Зазимко В.Л., Додов Р.Х. // Вестник НГИЭИ. – 2020. – №12 (115). – С. 96-106.

72. Сквозные технологии НТИ [Электронный ресурс] // Национальная технологическая инициатива. – Режим доступа: <http://www.nti2035.ru/technology/> (дата обращения: 13.09.2018).

73. Сычев В.Г., Афанасьев Р.А. Робототехника в технологиях точного земледелия // Плодородие. – 2016. – №3 (90). – С. 2-6.

74. Тазеева Д.Л. Цифровизация в системе АПК: возможности и перспективы развития // Стратегические тренды трансформации социально-экономических систем в рамках цифровой экономики: В сборнике: XXXI Международные Плехановские чтения материалы чтений: в 3 томах. Москва, 2018. – С. 376-379.

75. Такурн А. Методологические аспекты оценки эффективности цифровых технологий в точном земледелии / Такурн А., Макрак С., Такурн С. // Наука и инновации. – 2021. – №3 (217). – С. 11-17.

76. Термины и определения в области точного сельского хозяйства / Е. В. Труфляк, Н. Ю. Курченко. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 18 с.

77. Технологическое будущее российской экономики: докл. к XIX Апр. междунар. научн. конф. по проблемам развития экономики и общества / гл. ред. Л. М. Гохберг; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд-во ВШЭ, 2018. – 193 с.

78. Точное земледелие: практикум / А. И. Завражнов [и др.]; под ред. М. М. Константинова. – Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2012. – 116 с.

79. Точное земледелие: учеб. пособие / Е.В. Труфляк, Е.И. Трубилин, В.Э. Буксман, С.М. Сидоренко. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 376 с.

80. Точное сельское хозяйство (Precision Agriculture): учеб. - практ. пособие / под ред. Д. Шпаара, А.В. Захаренко, В.П. Якушева. – СПб.: Пушкин, 2009. – 397 с.

81. Труфляк Е. В. Использование в аграрных вузах технологий точного земледелия / Е. В. Труфляк. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 24 с.

82. Труфляк Е. В. Основные элементы системы точного земледелия / Е. В. Труфляк. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 39 с.

83. Труфляк Е.В. Результаты анкетирования по направлению «Цифровая трансформация сельского хозяйства» / Е.В. Труфляк, А.С. Креймер, Н.Ю. Курченко. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – 21 с.

84. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13-30 апр. 2021 г. / Г.И. Абдрахманова, К.Б. Быховский, Н. Н. Веселитская, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; рук. авт. кол. П.Б. Рудник; науч. ред. Л.М. Гохберг, П. Б. Рудник, К.О. Вишневский, Т.С. Зинина; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 239.

85. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: офиц. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с.

86. Цифровизации сельского хозяйства в России не хватает данных. URL: <http://www.iksmedia.ru/news/5533967-Czifrovizacii-selskogo-hozyajstva.html#ixzz6KBD7IYEP> (дата обращения: 22.04.2020).

87. Черноиванов В.И. Цифровизация АПК в парадигме биомашсистем / Черноиванов В.И., Толоконников Г.К., Мельников В.А. // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2018. – № 2. – С. 27-33.

88. Шилова Н.В. О необходимости внедрения системы точного земледелия при производстве зерна // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2014. – № 4 (12). – С. 93-98.

89. Шувалов А.А. Применение технологии интернета вещей для устойчивого развития сельского хозяйства // Синергия наук. – 2018. – № 30. – С. 821-829.

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

91. Юрченко И.Ф. Перспективы развития автоматизированных систем управления агропроизводством на мелиорируемых землях // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2019. – № 4 (36). – С. 164-177.

92. Якушев В.П. Интеллектуальные системы поддержки технологических решений в точном земледелии / В.П. Якушев, В.В. Якушев, Д.А. Матвеев // Земледелие. – 2020. – №1. – С. 33-37.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Вопросы анкеты

№	Вопрос	Ответ	Вариант ответа
	Как Вы считаете будут ли сельхозпредприятия, не применяющие технологии цифровой трансформации, сильно проигрывать в конкуренции более современным компаниям?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Приводит ли рост высокотехнологичных компетенций в стране к увеличению валового внутреннего продукта?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Приводит ли рост высокотехнологичных компетенций в стране к повышению уровня жизни?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Возможна ли реализация программы цифрового сельского хозяйства без субсидирования государства?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Приводит ли деиндустриализация страны к падению производительности в сельском хозяйстве?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Как Вы считаете, является ли потребностью современного сельхозмашиностроения рост роли сервисного обслуживания (техническое обслуживание, обновление и настройка программного обеспечения и т. п.)?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Как Вы считаете, актуален ли тренд аренды сельскохозяйственной техники на основе «времени реального использования»?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	По Вашему мнению, будет ли в рамках реализации цифрового сельского хозяйства происходить концентрация профессиональных специалистов в крупных агрохолдингах?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	По Вашему мнению, будет ли в рамках реализации цифрового сельского хозяйства происходить концентрация профессиональных специалистов в иностранных компаниях?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	По Вашему мнению, будет ли в рамках реализации цифрового сельского хозяйства происходить концентрация профессиональных специалистов в российских компаниях?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Как Вы считаете, получится ли у Минсельхоза России к 2024 г. создать цифровой сервис предоставления господдержки АПК?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Как Вы считаете, получится ли у Минсельхоза России перевести во всех регионах России до конца 2024 г. управление гидромелиоративными сооружениями с		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить

№	Вопрос	Ответ	Вариант ответа
	использованием государственной цифровой платформы?		
	Считаете ли Вы, что при внедрении технологий точного земледелия не эффективным является использование беспилотных летательных аппаратов?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Считаете ли Вы, что при внедрении технологий точного земледелия не эффективным является использование спутниковых снимков NDVI?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Считаете ли Вы, что при внедрении технологий точного земледелия не эффективным является приобретение агрохимической лаборатории для хозяйства?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Считаете ли Вы, что при внедрении технологий точного земледелия не эффективным является использование азотных сканеров при внесении удобрений в режиме on-line?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Считаете ли Вы, что при внедрении технологий точного земледелия не эффективным является начинать с системы картирования урожайности?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Является ли актуальным использование одновременного дифференцированного посева семян и дифференцированного внесения двух различных видов удобрений с индивидуальной нормой по картам-заданиям?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Является ли актуальным использование дифференцированного внесения гранулированных удобрений штанговым разбрасывателем по картам-заданиям?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Как Вы считаете новые системы земледелия (например, городские фермы вертикального типа) повышают ли эффективность производства за счет создания, не зависящих от агроклиматических факторов условий?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Актуально ли смешивание по адресному принципу «каждому полю индивидуальный подход» одно- двухкомпонентных стандартных удобрений (AN, MAP, KCl и т. п.) для внесения такого смешанного удобрения (бленда) с заданным (точным) содержанием N, P, K и в должное время?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить
	Видите ли Вы рост потребности аграриев в использовании смешанных удобрений в течение 2–3 лет, как способа снижения себестоимости продукции растениеводства?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить

№	Вопрос	Ответ	Вариант ответа
	Видите ли Вы потребность аграриев в использовании смесей с равномерным распределением в них микроэлементов, штаммов бактерий, ингибиторов азота и т. п., добавляемых как в сухом, так и в жидком виде?		Да
			Нет
			Затрудняюсь ответить

ТРЕНДЛЕТТЕР 7

ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

Точное земледелие – стратегия управления, использующая информационные технологии, извлекая данные из множественных источников с тем, чтобы принимать правильные решения по управлению сельскохозяйственной организацией. В основе данной концепции лежат представления о существовании неоднородностей в пределах одного поля: локальные особенности почвы и климатических условий. Используя карты агрофизико-химических показателей почвы, полученные с помощью географических информационных систем (ГИС), можно реализовать стратегию управления развитием культур на уровне поля и оптимизации затрат.

Технологическая эволюция: этапы развития технологии точного земледелия:

1960-е гг. – появление GPS и первых элементов точного земледелия в США и Канаде.	1970-80 гг. – программирование урожая в СССР с учетом свойств почв и их пространственной вариабельностью.	н. 1980 г. - создание и освоение зональных систем земледелия.	к. 1980-х г. – спутниковые снимки стали доступны для западных фермеров.	1990 г. – появление термина «точное земледелие»
--	--	---	---	--

Эффекты:

1. Возможность проведения полевых работ 24 часа в сутки.
2. Рост производительности за счет быстрого передвижения машины, уменьшения утомляемости механизатора.
3. Снижение себестоимости производства.

Оценки рынка:

\$10,23 млрд к 2025 г. согласно отчету Global Precision Farming Market. Каждый год рынок будет расти на 16 %.

Вероятный срок максимального проявления тренда: 2022–2027 гг.

Драйверы и барьеры:

- ↑ Рост цен на минеральные удобрения, средства защиты растений и сельскохозяйственную технику обуславливает необходимость оптимального использования этих ресурсов.
- ↑ Повышение урожайности сельскохозяйственных культур, сглаживание разницы между низкоурожайными и высокоурожайными участками поля.
- ↓ Высокая стоимость технологий точного земледелия.
- ↓ Морально и физически устаревший машинно-тракторный парк сельскохозяйственных производителей.

Центры превосходства: США, Бразилия, Германия, Голландия, Дания, Китай, Австралия.

Уровень развития технологии в России:

«Заделы» – наличие базовых знаний, компетенций, инфраструктуры, которые могут быть использованы для форсированного развития соответствующих направлений и исследований.

Евгений Владимирович Рудой
Петухова Марина Сергеевна
Сергей Владимирович Рюмкин
Евгений Владимирович Труфляк
Николай Юрьевич Курченко

НАУЧНО-ОБОСНОВАННЫЙ ПРОГНОЗ
РАЗВИТИЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РОССИИ

Монография

Редактор Т.К. Крупина

Издательский центр НГАУ «Золотой колос»
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.
Тел. 8 (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru

Подписано в печать 06 октября 2021 г.
Формат 60x84/16
Объем 6,4 уч. изд. листов, 8 печ. листов
Тираж 100 экз.
Заказ №20

Отпечатано в ООО Печатное издательство Агро-Сибирь
Новосибирск, ул. Никитина, 155
e-mail: agroprint@mail.ru