

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КООРДИНАТНОГО (ТОЧНОГО) ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ ЦТЗ

**А.И. БЕЛЕНКОВ**, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0003-0422-4936  
E-mail: belenokaleksis@mail.ru

ФГБОУ ВО РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА, Г. МОСКВА

*В статье приводится информация по внедрению и освоению технологии точного земледелия и сравнительной эффективности приемов обработки почвы под каждую культуру зернопропашного севооборота в полевом опыте Центра точного земледелия (ЦТЗ). На основании проведенных многолетних исследований установлено, что технология точного земледелия, основанная на применении современного навигационного оборудования для обеспечения работы сельскохозяйственных агрегатов превосходит традиционную технологию возделывания сельскохозяйственных культур в отношении качества проводимых мероприятий, экономии материальных и денежных средств на 15-20%, за счет локального и адресного применения минеральных удобрений и средств защиты растений, незначительного превышения урожайности, порядка 5-8%. Сравнение отвальной и минимальных обработок в разные годы проявило себя различным образом. В среднем, за период исследований, различия в урожайности по культурам составили от 5-10 до 15-20%.*

**Ключевые слова:** точное земледелие, навигационное оборудование, система GPS, стыковые междурядья, автопилот, дифференцированное внесение удобрений и средств защиты растений, обработка почвы, отвальная, минимальная, нулевая (прямой посев).

**Для цитирования:** Беленков А.И. Использование цифровых технологий координатного (точного) земледелия в полевом опыте ЦТЗ. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 3(47):122-131. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-122-131

## THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR COORDINATE (PRECISION) FARMING IN THE FIELD EXPERIMENT OF THE CENTER FOR PRECISION AGRICULTURE (CPA)

**Belenkov A.I.**

RUSSIAN STATE AGRARIAN UNIVERSITY – MOSCOW TIMIRYAZEV AGRICULTURAL  
ACADEMY, RUSSIAN FEDERATION, MOSCOW

**Abstract:** *The article provides information on introduction and mastering of precision farming technology and comparative efficiency of tillage practices for each crop of grain-plowing crop rotation in the field experiment of the Center for Precision Agriculture (CPA). On the basis of many years of research it has been established that the technology of precision farming, based on the use of modern navigation equipment to ensure the operation of agricultural units is superior to the traditional technology of cultivation of crops in terms of the quality of activities, saving material and monetary resources by 15-20%, due to local and targeted application of mineral fertilizers and plant protection agents, a slight increase in yields, about 5-8%. The comparison of moldboard and minimum tillage has shown itself in different ways in different years. On average, over the study period, yield differences across crops ranged from 5-10 to 15-20%.*

**Keywords:** precision farming, navigation equipment, GPS system, intercropping, autopilot, differentiated fertilizer and plant protection agents application, tillage, moldboard, minimum tillage, zero tillage (direct seeding).

### **Введение**

В прошлом году исполнилось 15 лет со дня закладки и начала научных исследований в полевом опыте Центра точного земледелия, входящего в состав Полевой опытной станции Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева. В 2007 году в рамках инновационного общеобразовательного проекта в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, впервые в стране, был создан Центр точного земледелия (ЦТЗ), в задачу которого входило – разработка и освоение технологии точного земледелия в полевом опыте. Основу Центра составляет полевой опыт по изучению эффективности технологии точного земледелия в сравнении с традиционной [1].

### **Материал и методы исследований**

**Цель полевого опыта** – дать сравнительную оценку общепринятой традиционной технологии возделывания полевых культур и технологии точного земледелия, основанной на использовании новой современной сельскохозяйственной техники и сопутствующего спутникового программного обеспечения международной системы GPS, позволяющих экономно и адресно проводить агротехнические приемы: посев, внесение удобрений, исходя из пестроты почвенного плодородия, применение химических средств защиты растений, поделяночную уборку урожая с составлением электронных карт [2, 3].

В рамках четырехпольного зернопропашного севооборота викоовсяная смесь на корм – озимая пшеница с пожнивным посевом горчицы на сидерат – картофель – ячмень сравнивается эффективность двух технологий (традиционной и точной), а также вариантов отвальной, минимальной и нулевой обработки почвы. Первый вариант включал обработку оборотным плугом Eur Oral на 20-22 см под все культуры, второй – обработку культиватором Pegasus на 12-14 см под картофель и ячмень. Вариант «нулевой» обработки предусматривался под озимую пшеницу и вику с овсом на корм [4].

### **Результаты и их обсуждение**

К числу определяющих элементов технологии точного земледелия относится посев (посадка) сельскохозяйственных культур с использованием навигационного оборудования, т.е., автопилота [5, 6].

Результаты четырехлетнего испытания различных сеялок, используемых в опыте, и способов посева сельскохозяйственных культур приведены в таблице 1.

В наших исследованиях посев зерновых культур (озимой пшеницы и ячменя) проводился, в одном случае, по автопилоту, в другом, по маркеру. При этом посев озимой пшеницы и ячменя на отвальном фоне осуществлялся сеялкой точного высева Д-9-30 с применением системы GPS и маркера. По варианту нулевой (без обработки) почвы проводился посев пневматической сеялкой прямого посева ДМС-3 только с использованием автопилота. Маркер при работе этой сеялки использовать не удастся в силу конструктивных и технических недоработок. Посев викоовсяной смеси сеялкой Д-9-30 на вспашке, ДМС-3 на нулевом фоне осуществляли с применением автопилота, маркер в обоих случаях не применяли. В отдельные годы исследований наблюдается неодинаковая ширина стыковых междурядий между смежными (встречными) проходами сеялок при посеве зерновых культур по маркеру и автопилоту.

Таблица 1

**Ширина стыковых междурядий и величина отклонений от стандартной величины междурядий сеялки**

Культура	Сеялка Д-9-30* (отвальный фон)				ДМС* (минимальный)	
	По маркеру		Автопилот		Автопилот	
	Ширина стыкового междурядья, см	Отклонение, см	Ширина стыкового междурядья, см	Отклонение, см	Ширина стыкового междурядья, см	Отклонение, см
2009 год						
Ячмень	14,0	+2,0	12,3	+0,3	-	-
Вика+овес	-	-	10,7	-1,3	18,1	-0,7
Оз. пшеница	16,3	+4,3	14,3	+2,3	17,3	-1,5
2010 год						
Ячмень	15,2	+3,2	13,2	+1,2	-	-
Вика+овес	-	-	13,7	+1,7	19,1	+0,3
Оз. пшеница	17,0	+5,0	13,5	+1,5	20,2	+1,4
2011 год						
Ячмень	16,1	+4,1	14,6	+2,6	-	-
Вика+овес	-	-	12,6	+0,6	20,0	+1,2
Оз. пшеница	17,0	+5,0	13,5	+1,5	20,2	+1,4
Среднее						
Ячмень	15,2	+3,2	13,4	+1,4	-	-
Вика+овес	-	-	12,3	+0,3	19,0	+0,2
Оз. пшеница	16,7	+4,7	13,8	+1,8	19,2	+0,4

**Примечание:** \* – ширина междурядий сеялок Д-9-30 – 12 см, ДМС – 18,8 см; викоовсяная смесь высевалась только с использованием автопилота по обоим вариантам обработки почвы.

В среднем за период исследований при посеве ячменя и озимой пшеницы отклонения величины стыковых междурядий при посеве по маркеру соответственно составляли 3,2 и 4,7 см, тогда как при использовании автопилота в системе GPS их значения составили 1,4 и 1,8 см. При посеве зерновых культур, использование навигационного оборудования точного позиционирования обеспечивало размер стыковых междурядий менее агротехнически предусмотренной для данной операции величины, которая составляет  $\pm 2,5$  см. Еще более снижалась величина стыкового междурядья при посеве по автопилоту вики с овсом, она равнялась +0,3 см. Посев викоовсяной смеси и озимой пшеницы на делянках точного земледелия по нулевой обработке с применением средств навигации также давал положительный результат. При таком же агротребовании к величине стыковых междурядий, на кормовой культуре отклонения составили +0,2 см, на зерновой - +0,4 см, что на много меньше допустимых  $\pm 2,5$  см.

Таким образом, в нашем опыте, испытание автопилота в системе оказывало положительное влияние на качество и конструкцию посевов зерновых культур и викоовсяной смеси на корм.

На рисунке 1 показан внешний вид посевов ячменя при разных способах посева, на рисунке 2 – посевы ячменя, проведенные ночью.



Рис. 1. Вид поля ячменя, посеянного по маркеру (слева) и по автопилоту (справа)



Рис. 2 Посевы ячменя, выполненные в темное время суток

Посадка картофеля осуществляется картофелесажалкой GL-34T со стандартным междурядьем 75 см по автопилоту и маркеру (табл. 2).

Таблица 2

**Ширина смежных междурядий и расположение растений картофеля на гребне при различных технологиях возделывания**

Год	Ширина междурядий при посадке, см		Расположение растений на гребне, см	
	маркер	автопилот	маркер	автопилот
2008	от 62-до 85	75 ± 3,5	от центра ± 10-13	от центра ± 3,5
2009	от 65-до 81	75 ± 2,8	от центра ± 6-10	от центра ± 2,8
2010	от 60-до 80	75 ± 3,3	от центра ± 5-15	от центра ± 3,3
2011	от 70 до 90	75 ± 1,5	от центра ± 5-15	от центра ± 1,5
Среднее	от 64 до 84	75 ± 2,8	от центра ± 7-13	от центра ± 2,8

Заданная траектория движения агрегата, с использованием системы GPS, повторяется на варианте точного земледелия в ходе проведения гребнеобразования по всходам картофеля. По традиционной технологии возделывания картофеля этот прием проводится при визуальном контроле, т.е. движением агрегата управляет механизатор. Ширина междурядий между проходами картофелесажалки при использовании маркера и автопилота различалась по отдельным годам незначительно, составляя по традиционной технологии интервал в среднем от 60-65 до 80-85 см, т.е. отклонение от стандартного междурядья сажалки (75 см) в пределах от -10 до +15 см. Применение системы GPS при выполнении технологии точного земледелия обеспечивало отклонение в прямолинейности смежных рядков от 1,5 до 3,5 см.



Важным условием развития полноценного растения картофеля является его расположение по отношению к центральной части гребня. Проведение гребнеобразования в посадках картофеля, которые возделывались по традиционной технологии, обеспечивало формирование растений картофеля с отклонениями от центра от 5 до 15 см. Это обуславливало односторонние изменения нарастания вегетативной части, неравномерность в образовании и развитии подземных клубней. При выполнении технологии точного земледелия растения картофеля располагались практически по центру рядка с допустимым отклонением порядка 1,5-3,5 см [7] (рис. 3).



*Рис. 3. Посадка картофеля и гребнеобразование по автопилоту*

**Второй компонент системы точного земледелия** – внесение удобрений и средств химической защиты растений (гербицидов) в зависимости от состояния культурных растений, наличия и обилия сорняков на отдельных участках поля с применением специальных сканеров и сенсоров, корректирующих количество вносимых удобрений и препаратов [8]. В наших опытах для выполнения указанных операций использовали сенсорные датчики Green Seeker (Германия) и N-sensor ALS (США) (рис 4, 5).



*Рис. 4. Сенсорный датчик GreenSeeker*



Рис. 5. Сенсорный датчик N-sensor ALS

Неоднородность почвенных свойств оказывает существенное влияние на развитие посевов озимой пшеницы. Это может проявляться в недружном появлении всходов, неравномерной перезимовке и, следовательно, формировании неоднородного посева. Именно в этом случае наиболее эффективно применять такой элемент точного земледелия, как дифференцированное внесение азотных подкормок.

В полевом опыте Центра точного земледелия проведение корневых подкормок аммиачной селитрой проводится дважды за вегетационный сезон: после схода снега (при возобновлении вегетации ранней весной) и в фазу колошения. Первая подкормка обеспечивает нормальное развитие посевов, т.е. формирование продуктивной биомассы, вторая подкормка предназначена для налива зерна высокого качества (с содержанием белка на уровне 13-14% и выше). Обе подкормки проводятся с учетом развития биомассы посевов с использованием оптического датчика N-sensor ALS Yara.

Проследим на примере 2014 г. влияние подкормок на урожайность озимой пшеницы (рис. 6).

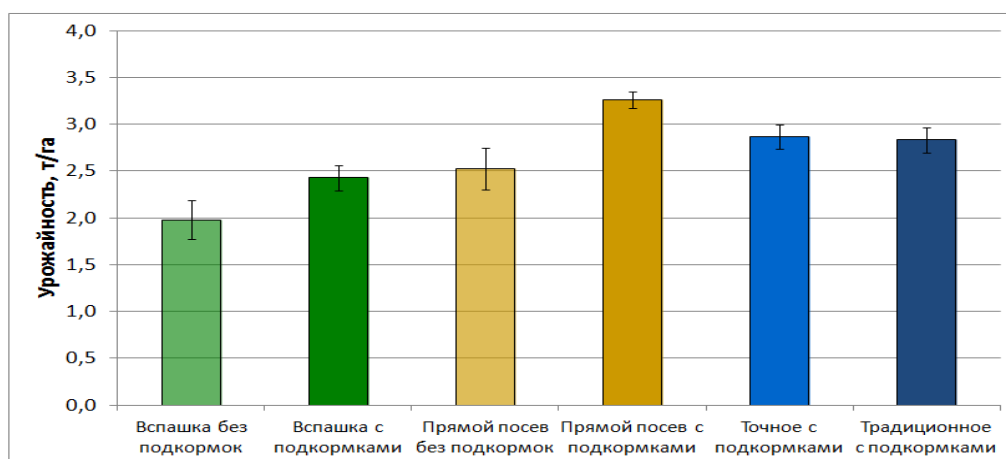


Рис. 6. Сравнение урожайности озимой пшеницы на разных вариантах опыта в 2014 г.  
 Высота столбцов – средняя урожайность по вариантам,  
 «усики» – 95%-ный доверительный интервал

Наиболее контрастна разница в урожайности озимой пшеницы при сравнении делянок с применением подкормки по двум обработкам почвы: на варианте «прямой посев» урожайность была выше на 0,8 т/га по сравнению с вариантом «вспашка». Разница в

урожайности полянок с подкормками и без подкормок всегда очевидна, не стали исключением и наши наблюдения в 2014 г. При применении подкормок на варианте «вспашка» урожайность выросла на 20% по сравнению с контролем (2,4 и 1,9 т/га соответственно), на варианте «прямой посев» – на 29% (3,3 и 2,5 т/га соответственно). По отвальной обработке на точной технологии различия составляли 0,29 т/га, по нулевой при традиционной – 0,67 т/га. Существенной разницы между урожайностью озимой пшеницы при возделывании по точной и традиционной системе в 2014 г не выявлено, так же, как и в предыдущие годы исследования. Наибольшая разница в урожайности по вариантам опыта связана с применением азотных подкормок. В 2014 г на фоне применения азотных подкормок в дозах 2×70 кг/га в традиционном земледелии или 2×60-80 (дифференцированно) кг/га в точном земледелии урожайность повысилась по сравнению с контролем без подкормок на 0,3–0,8 т/га. В годы с хорошим увлажнением урожайность при применении подкормок в указанных дозах повышается в среднем на 1,5–2 т/га.

При разных технологиях возделывания подкормки имеют разную эффективность, но в любом случае применение удобрений окупается прибавкой урожая. Рентабельность применения азотных подкормок на посевах озимой пшеницы в 2014 г. приведена в таблице 3.

Таблица 3

**Рентабельность применения азотных подкормок озимой пшеницы в опыте ЦТЗ, 2014 г.**

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Получено зерна на 1 кг внесенного азота	Рентабельность применения азотных удобрений, %
Контроль (без подкормок)	2,0	-	-
Традиционное земледелие, вспашка, азот 70 кг/га,	2,4	5,7	46
Точное земледелие, вспашка, азот 53 кг/га	2,4	7,5	93

Помимо обеспечения прибавки урожая озимой пшеницы при применении азотных подкормок, азот, оставшийся в почве после подкормок, усваивается промежуточной культурой – горчицей, которая заделывается в почву поздней осенью в качестве сидерата. Последствие применения азотных удобрений в виде подкормки проявляется в том, что на удобренных площадках биомасса горчицы выше, чем на контрольных полосах без подкормок, следовательно, и обогащение почвы органикой в этих местах также выше. После заделки горчицы почва становится более рыхлой, повышается ее влагоудерживающая способность, и последующая культура севооборота дает прибавку урожая.

Третьим слагаемым элементом точного земледелия является – оценка содержания элементов питания почвы каждого конкретного участка поля, в результате чего формируется карта плодородия (рисунок 7).

Эта карта загружается в специальную программу SMS Advanced, формирующую задания для бортового компьютера машины для внесения удобрений. В результате на каждый квадратный метр поля будет внесено именно то количество удобрений и микроэлементов, которые необходимы именно этому участку. Есть другой способ получения того же результата, который нам представляется предпочтительнее. Можно идти от обратного и анализировать не состояние почвы, а во время уборки оценивать урожайность не в среднем, а на каждом конкретном участке. Исходя из этих данных, составляется карта урожайности того или иного поля.



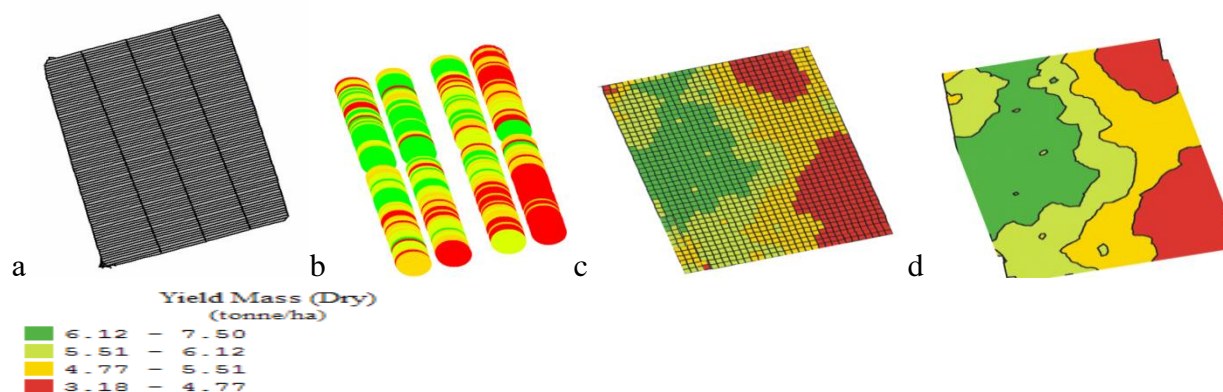


Рис. 7. Различное представление данных об урожайности сельскохозяйственных культур  
*a* – сетка сплошного учета урожайности; точки по центру каждой ячейки сетки сплошного учета, *b* – размер точки 10 м; *c* – сетка 3×3 м; *d* – контур.

Эта карта загружается в специальную программу SMS Advanced, формирующую задания для бортового компьютера машины для внесения удобрений. В результате на каждый квадратный метр поля будет внесено именно то количество удобрений и микроэлементов, которые необходимы именно этому участку. Есть другой способ получения того же результата, который нам представляется предпочтительнее. Можно идти от обратного и анализировать не состояние почвы, а во время уборки оценивать урожайность не в среднем, а на каждом конкретном участке. Исходя из этих данных, составляется карта урожайности того или иного поля.

В таблице 4 представлены урожайные данные по культурам зернопропашного севооборота за период исследований (2009-2016 гг.). Общей ситуацией можно отметить тенденцию незначительного превышения урожайности сельскохозяйственных культур по точной технологии в сравнении с традиционной. Обработки почвы проявляли себя по-разному [9].

На озимой пшенице наблюдалось преимущество точной технологии относительно традиционной в среднем за 8 лет по отвальной обработке на 0,12 т/га, по нулевой – на 0,11 т/га. Относительно влияния обработок на урожайность культуры следует подчеркнуть, что прямой посев опережал вспашку впервые годы исследований по традиционному земледелию на 0,27, по точному на 0,26 т/га. Такая закономерность проявляла свое содержание до той поры, пока неукоснительно соблюдались основные принципы нулевых технологий – своевременно и систематически применялись пестициды, качественно проводился посев озимой пшеницы с использованием соответствующих сеялок в зависимости от варианта обработки, все агроприемы выполнялись в срок. В дальнейшем (2017-2020 гг.), в связи с нарушениями, в некоторых моментах технологий, нарастанием распространения и развития сорняков, болезней и вредителей прямой посев существенно уступал вспашке, о чем свидетельствует информация таблицы 4, средняя урожайность озимой пшеницы была одинаковой.

Картофель за восемь лет проведения опыта сформировал урожайность по точной технологии на делянках отвальной обработки на 1,9 т/га выше традиционной, по минимальной обработке эта разница составила 0,8 т/га. Обработки почвы между собой различались: по традиционной технологии прибавка урожая картофеля 1,1 т/га в пользу вспашки, по точной – 2,2 т/га. Следовательно, точная технология возделывания картофеля позволяла формировать более качественные посадки с расположением растений строго по центру гребня, увеличивая его мощность, способствующего формированию более крупных и полноценных клубней [10].



**Урожайность культур за две ротации зернопропашного севооборота в зависимости от технологии возделывания и приема обработки почвы, т/га**

№ п./п.	Технология возделывания	Обработка почвы	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее
Озимая пшеница											
1	Традиционная (контроль)	Отвальная (к)	4,23	4,50	3,65	6,31	5,80	2,75	6,74	5,00	4,87
2		Нулевая	5,09	3,85	3,53	6,15	5,62	4,59	6,73	5,52	5,14
3	Точная	Отвальная	4,28	4,63	3,70	6,52	6,12	2,78	6,75	5,11	4,99
4		Нулевая	5,18	4,11	3,55	6,35	5,87	4,56	6,75	5,60	5,25
Картофель											
5	Традиционная (контроль)	Отвальная(к)	38,9	21,7	24,0	19,1	27,6	24,9	30,7	30,0	25,9
6		Минимальная	36,3	19,2	22,9	17,5	25,9	23,8	25,4	27,2	24,8
7	Точная	Отвальная	40,5	22,2	24,4	19,9	28,5	25,1	31,1	30,5	27,8
8		Минимальная	37,5	20,7	23,2	18,3	26,2	24,6	26,2	27,7	25,6
Ячмень											
9	Традиционная (контроль)	Отвальная (к)	5,09	3,35	2,62	4,26	5,16	3,85	5,52	4,04	4,24
10		Минимальная	5,39	2,99	2,83	4,18	5,00	4,01	5,22	3,99	4,20
11	Точная	Отвальная	5,40	3,47	2,76	4,33	5,20	3,88	5,55	4,11	4,34
12		Минимальная	5,78	3,06	3,08	4,20	4,95	4,03	5,20	4,06	4,30

Точная технология на ячмене способствовала повышению урожайности по отвальной и минимальной обработкам одинаково – на 0,1 т/га. Различия в урожайности по вариантам обработки почвы практически отсутствовали, что свидетельствует о возможности проведения как отвальных, так и минимальных обработок под замыкающую севооборот культуру в НЧЗ.

### Заключение

Таким образом, в полевом опыте Центра точного земледелия реализуются задачи экономии средств и экологической безопасности, при использовании автопилота все агроприемы могут выполняться качественно и круглосуточно. Четкого преимущества точной технологии, исходя из урожайности сельскохозяйственных культур, не выявлено. Однако следует отметить тенденцию повышения продуктивности культур при неукоснительном выполнении элементов точного земледелия.

Под отдельные культуры зернопропашного севооборота следует применять комбинированную систему основной обработки дерново-подзолистой почвы, сочетающую отвальный, минимальный и нулевой способы.

### Литература

1. Балабанов В.И., Железова С.В., Березовский Е.В. и др. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие: Учебное пособие. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, – 2013. – 148 с.
2. Точное сельское хозяйство (precision agriculture) / Под ред. Д. Шпаара, А.В. Захаренко, В.П. Якушева.- СПб-Пушкин, – 2009. – 400 с.
3. Якушев В.В., Воропаев В.В., Лекомцев П.В. Технология точного земледелия: опыт внедрения на полях Меньковской опытной станции АФИ РАСХН // Ресурсосберегающее земледелие. – 2009. – № 2. – С. 31-34.
4. Беленков А.И., Железова С.В., Березовский Е.В., Мазиров М.А. Элементы технологии точного земледелия в полевом опыте РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева // Известие ТСХА. – 2011.- Вып. 6. – С. 90-100.
5. Орлова Л.В., Чернов Н.Д. и др. Научно-практическое руководство по освоению и применению сберегающего земледелия. // Рекомендации – 3-е изд., доп. – М.: Евротехника, – 2006. – 183 с.
6. Байбеков Р.Ф. Природоподобные технологии – основа стабильного развития земледелия. // Земледелие. – 2018. – № 2. – С. 5-8.
7. Беленков А.И., Березовский Е.В., Железова С.В. Совершенствование технологии возделывания картофеля в системе точного земледелия. // Картофель и овощи. – 2019. – № 6. – С. 30-34.
8. Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Личман Г.И., Смирнов И.Г., Марченко А.Н. Цифровые технологии химизации сельского хозяйства: теория и практика. М.: ФНАЦ ВИМ, – 2020. – 180 с.
9. Alexey Belenkov, Mikhail Mazirov, Valeria Arefieva Theoretical and practical aspects of basic soil treatment in the conditions of modern soil management systems in Russia // Eurasian Journal of Soil Science. – 2018. – №7 (4). – P. 300-307.
10. Belenkov A., Peliy A., Vasyukova A., Burlutskiy V., Borosina E., Diop A., Moskin A. Impact of various cultivation technologies on productivity of potato (*Solanum tuberosum*) in central non-Cenozoic zone of Russia // RESEARCH ON CROPS. – 2020. – № 3 (September). – P. 67-74.

### References

1. Balabanov V.I., Zhelezova S.V., Berezovskii E.V. et al. Navigation technologies in agriculture. Coordinate farming: Training manual. - Moscow: Publ. RGAU - MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2013. - 148 p.
2. Shpaar D., Zakharenko A.V., Yakushev V.P., eds. Precision agriculture.- St. Petersburg,-Pushkin, 2009.- 400 p.
3. Yakushev V.V., Voropaev V.V., Lekomtsev P.V. Precision farming technology: experience of implementation on the fields of Menkovo experimental station of AFI RAAS // *Resursosberegayushchee zemledelie*.- 2009.- №2.- Pp. 31-34.
4. Belenkov A.I., Zhelezova S.V., Berezovskii E.V., Mazirov M.A. Elements of precision farming technology in the field experiment of the RGAU - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev // *Izvestie TSKhA*. - 2011.- Iss. 6. - Pp. 90-100.
5. Orlova L.V., Chernov N.D. et al. Scientific and Practical Guide to the Adoption and Application of Conservation Agriculture.// *Recommendations - 3<sup>rd</sup> ed.*, - Moscow: Evrotekhnika, 2006. - 183 p.
6. Baibekov R.F. Nature-like technologies - the basis for sustainable development of agriculture. // *Zemledelie*. - 2018. - № 2. - Pp. 5-8.
7. Belenkov A.I., Berezovskii E.V., Zhelezova S.V. Improvement of potato cultivation technology in precision farming system. // *Kartofel' i ovoshchi*. - 2019. - №6. - Pp. 30-34.
8. Izmailov A.Yu., Artyushin A.A., Lichman G.I., Smirnov I.G., Marchenko A.N. Tsifrovye tekhnologii khimizatsii sel'skogo khozyaistva: teoriya i praktika. Moscow: FNATs VIM, 2020. - 180 p.
9. Alexey Belenkov, Mikhail Mazirov, Valeria Arefieva Theoretical and practical aspects of basic soil treatment in the conditions of modern soil management systems in Russia // Eurasian Journal of Soil Science. - 2018. - №7 (4). - Pp. 300-307.
10. Belenkov A., Peliy A., Vasyukova A., Burlutskiy V., Borosina E., Diop A., Moskin A. Impact of various cultivation technologies on productivity of potato (*Solanum tuberosum*) in central non-Cenozoic zone of Russia // RESEARCH ON CROPS. - 2020. - N 3 (September). - Pp. 67-74.