

На правах рукописи

НАВОЛЬНЕВА ЕКАТЕРИНА ВИКТОРОВНА

**ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО И УРОЖАЙНОСТИ
КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ, СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ
ПОЧВЫ И СЕВООБОРОТОВ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЧР**

Специальность 06.01.04 – агрохимия

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Брянск - 2018

Работа выполнена на кафедре земледелия, агрохимии и экологии ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина» на базе стационарного полевого опыта лаборатории плодородия почв и мониторинга ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» в 2012-2017 гг.

Научный руководитель:

Ступаков Алексей Григорьевич

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, агрохимии и экологии ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»

Официальные оппоненты:

Мязин Николай Георгиевич

доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», профессор

Чуян Наталия Анатольевна

доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агропочвоведения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии»

Ведущая организация:

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»

Защита состоится «28» сентября 2018 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д. 220.005.01 при ФГБОУ ВО Брянский ГАУ по адресу: 243365, Брянская область, Выгоничский район, ул. Советская 2а, корпус 4, конференц-зал.

E-mail: uchsovet@bgsha.com. Тел. Факс: +7(48341)24-7-21

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Брянский ГАУ и на сайте организации по адресу <http://www.bgsha.com>.

Автореферат разослан «___» 2018 и размещен на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации <http://vak.ed.gov.ru>.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
доктор с.-х. наук

Дьяченко Владимир Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Вопросы сохранения и повышения плодородия почв являются основополагающими при решении проблемы роста продуктивности сельскохозяйственных культур. Для того, чтобы успешно решить эту проблему требуется более глубокое изучение современного и исходного состояния почвы, её плодородия, выявление оптимальных показателей агрохимических, физико-химических, агрофизических и биологических свойств почв.

Одним из основных показателей плодородия почвы является содержание органического вещества, до 95-98% которого составляет гумус, определяющий её важнейшие свойства.

Большая роль в накоплении гумуса и поддержании оптимального питательного режима почвы принадлежит минеральным и органическим удобрениям. В связи с этим особое значение приобретает проблема улучшения их использования, в том числе обоснование оптимального уровня удобренности пашни и посевов сельскохозяйственных культур, обеспечивающего положительный баланс гумуса и достаточное количество доступных для растений азота, фосфора и калия (Лукин С.В., 2004; Пинчук А.П., Аветянц Л.Х., 2009; Уваров Г.И., Соловиченко В.Д., 2010; Хайдуков К.П., Шевцова Л.К., 2014; Вислобокова Л.Н. и др., 2015).

Существенное влияние на содержание в почве гумуса, на её агрофизические, агрохимические и биологические свойства оказывают способы обработки почв и виды севооборотов (Терпелец В.И., Швец Т.В., 2009; Дедов А.В., Болучевский Д.А., 2014; Навольнева Е.В. и др., 2009, 2014).

Комплексные исследования агрохимических, агрофизических, физико-химических и биологических свойств чернозёмов типичных под влиянием севооборотов, способов обработки и удобрений не завершены и требуют дальнейшего изучения. Это обусловило необходимость исследований по актуальной проблеме регулирования важнейшего свойства почвы – плодородия и на этой основе получения роста продуктивности сельскохозяйственных культур.

Цель исследований - определение закономерностей изменения агрохимических, физико-химических и агрофизических свойств чернозёма типичного и урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от агротехнических приёмов их возделывания в условиях юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона.

Задачи исследований:

1. Изучить состояние питательного режима почвы.
2. Исследовать закономерность влияния способов обработки почвы, севооборотов и разных доз удобрений на динамику основных показателей чернозёма типичного.
3. Выявить влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на запасы продуктивной влаги в почве, плотность, структурно-агрегатный состав, а также на биологическую активность почвы.
4. Установить характер влияния изучаемых агроприёмов на урожайность ведущих культур севооборотов.
5. Провести анализ экономической эффективности изучаемых агротехнических приёмов.

Научная новизна. В многофакторном стационарном полевом опыте впервые в Белгородской области проведено комплексное исследование варьирования

агрохимических, физико-химических, агрофизических, и биологических свойств чернозёма типичного под влиянием севооборотов, способов обработки почвы, внесения органических и минеральных удобрений за длительный промежуток времени. Впервые по результатам полевого опыта проведён анализ динамики содержания гумуса в почве за длительный период наблюдений и выявлены закономерности действия агроприёмов на данный показатель.

Практическая значимость. Разработки, полученные в результате исследований, могут быть использованы при подготовке рекомендаций по повышению плодородия почв – оптимизации агрохимических, агрофизических, физико-химических и биологических свойств почвы, направленных на рост продуктивности сельскохозяйственных культур. Выявленные оптимальные агроприёмы могут быть использованы при разработке ресурсосберегающих экологически обоснованных технологий возделывания озимой пшеницы и сахарной свёклы.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Питательный режим почвы и её плодородие определялись степенью удобренности, видом севооборота и способом основной обработки почвы.

2. Зернотравянопропашной севооборот, органические и минеральные в комплексе с органическими удобрениями способствовали накоплению гумуса.

3. Зернотравянопропашной севооборот в годы с достаточным увлажнением способствует лучшему сохранению влаги в почве, а в засушливых условиях эту функцию выполняет зернопаропропашной севооборот. Глубокая обработка почвы приводит к более интенсивному испарению почвенной влаги. Внесение минеральных удобрений обуславливает уплотнение верхнего слоя почвы. Улучшению структурно-агрегатного состава почвы благоприятствует зернотравянопропашной севооборот.

4. Более высокая микробиологическая активность почвы отмечается в севообороте с многолетними бобовыми травами и с применением навоза и минеральных удобрений.

5. Урожайность озимой пшеницы и сахарной свёклы находится под влиянием изучаемых факторов. Экономическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур также зависит от вида севооборота, способа обработки почвы и удобрений.

Апробация результатов исследований. Результаты диссертационной работы были представлены на Международных научно-производственных конференциях (Москва, 2013; Майский, 2013, 2014; Ставрополь, 2015), на Всероссийских научно-практических конференциях (Майский, 2014; Белгород, 2015, 2016), на научно-производственной конференции в Почвенном институте имени В.В. Докучаева (Москва, 2014), а также на научно-практических конференциях Курского отделения межрегиональной общественной организации «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева» (Курск, 2014, 2015). Результаты работы рассматривались в рамках Московской международной летней экологической школы и получили положительную оценку (Москва 2014, 2015).

Личный вклад автора. Все полевые работы и аналитические исследования были проделаны при непосредственном участии автора. Анализ и статистическая обработка экспериментальных данных, а также написание текста диссертации с выводами и предложениями производству, выполнено лично автором.

Публикации. По итогам работы было опубликовано 15 статей из них 5 – в изданиях рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа написана на 160 страницах компьютерного текста. Состоит из 7 глав, выводов и рекомендаций производству, а также списка литературы, который включает 196 источников, из них 6 иностранных. Работа содержит 31 таблицы, 23 рисунков и 9 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ **ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР**

Почва обладает способностью удовлетворять потребности выращиваемых сельскохозяйственных культур в элементах питания для создания высоких урожаев, это и является её основным свойством называемым плодородие. Обладая свойством плодородия, почва выступает как основное средство производства и предмет труда в сельском хозяйстве - до 98% продуктов питания производится на земле (М.И. Сидоров и др., 1966).

Для устранения дефицита азота, фосфора и калия, который приводит к снижению урожайности культур, необходимо регулирование питательного режима почвы. Это осуществляется за счёт внесения удобрений, рациональной механической обработки почвы, способствующей мобилизации запасов питательных веществ и повышению эффективности удобрений, созданием культурного слоя почвы, освоением и соблюдением интенсивных севооборотов при насыщении их бобовыми культурами фиксирующими симбиотический азот (Е.Н. Алексеева, 1978; Г.А. Чуюн, 1994).

Для поддержания почвенного плодородия необходимо прогнозирование её гумусного состояния. Знание изменений, происходящих в гумусовых соединениях под влиянием различных природных и техногенных факторов, даёт возможность взвешенно подойти к разработке системы мероприятий, позволяющей направленно регулировать этот важнейший фактор потенциального и эффективного плодородия почв (В.А. Черников, 1992).

Благоприятные агрофизические свойства почв – одно из необходимых условий их плодородия, получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Ухудшение агрофизического состояния почв происходит за счёт несоблюдения чередования культур в севообороте, использования тяжёлой техники, уменьшения применения органических удобрений, снижения содержания гумуса в почве и других показателей (А.Н. Воронин и др. 2014; А.С. Бушнев, 2015).

УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследовательская работа была выполнена в 2012-2017 гг. в «Белгородском Федеральном аграрном научном центре Российской академии наук» на базе полевого опыта лаборатории плодородия почв и мониторинга и на кафедре земледелия, агрохимии и экологии Белгородского государственного аграрного университета имени В.Я. Горина. Исследования проводились в стационарном полевом опыте, который был заложен в 1987 году. Расположен опыт в с. Гонки Белгородского района Белгородской области в юго-западной части Центрально-Черноземного региона.

Климат – умеренно-континентальный, территория неустойчивого увлажнения. Средняя годовая температура воздуха колеблется от 6,0 до 9,6°C. Осадки распределяются неравномерно, со значительными колебаниями по сезонам. Их среднегодовое количество колеблется в пределах от 460 до 560 мм. ГТК за

вегетационный период убывает с севера-запада на юго-восток от 1,2 до 0,9.

Почва опытного участка – чернозём типичный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке с содержанием гумуса – 5,1-5,4%, подвижного фосфора – 67-78 мг/кг почвы, подвижного калия - 88-112 мг/кг почвы; рН_{KCl} - 5,8-6,3; степень насыщенности основаниями – около 90%.

Методика. Исследования проводились в двух севооборотах: зернотравянопропашном (многолетние травы 1 г.п., многолетние травы 2 г.п., озимая пшеница, сахарная свёкла, ячмень+многолетние травы) и зернопаропропашном (чёрный пар, озимая пшеница, сахарная свёкла, кукуруза на силос, кукуруза на зерно).

Изучалось два способа основной обработки почвы:

- вспашка плугом ПЛН – 5 – 35 предусматривала отвальное рыхление верхнего слоя почвы в зависимости от возделываемой культуры на глубину 20-22 или 30-32 см;
- минимальная обработка дисковыми рыхлителями, рыхление на глубину 10-12 см.

В опыте применяли три системы удобрений: органическая, минеральная и органоминеральная. Минеральные удобрения вносились ежегодно под каждую культуру в одной и двух дозах. В зернотравянопропашном севообороте на 1 га севооборотной площади вносили N₄₂P₆₂K₆₂, а в зернопаропропашном севообороте N₅₄P₆₂K₆₂. Под озимую пшеницу вносили N₉₀P₆₀K₆₀ (одна доза), под сахарную свёклу N₉₀P₉₀K₉₀ (одна доза). Органические удобрения вносились один раз за ротацию севооборотов под сахарную свеклу 40 т/га – 1 доза, что составляет 8 т/га севооборотной площади, а две дозы – 80 т/га или 16 т/га севооборотной площади. В опытах рассматривались 9 разных вариантов удобренности.

Площадь посевной делянки 120 м² (4×30), учётной – 100 м².

В почве по слоям под посевами озимой пшеницы отбирали в течение вегетации образцы и проводили следующие анализы:

Почвенные:

- гидролизуемый азот почвы по методу Корнфилда (щелочногидролизуемый) – для оценки питательного режима почвы весной, для характеристики почвенного плодородия – после уборки озимой пшеницы;
- подвижный фосфор и калий по методу Чирикова в модификации ЦИНАО – весной и после уборки озимой пшеницы;
- гидролитическую кислотность по слоям 0-10 см, 10-20 см, 20-30 см, 30-50 по Каппену в модификации ЦИНАО;
- содержание общего гумуса, % по слоям почвы 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 см по Тюрину (ГОСТ 26213-91);
- влажность почвы термостатно-весовым методом и расчёт запасов продуктивной влаги в слоях почвы 0-10; 10-20; 20-30; 30-50; 50-70; 70-100 см;
- плотность почвы методом режущего кольца по Качинскому для слоев почвы 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 см;
- структурно-агрегатный состав почвы по слоям 0-10; 10-20; 20-30; 30-50 см методом сухого просеивания по Саввинову;

В посевах сахарной свёклы исследовалась:

- общая биологическая активность почв по методу Мишустина, Вострова и Петровой (по интенсивности разложения льняного полотна).

Для оценки влияния изучаемых факторов на продуктивность культур определяли урожайность двух ведущих культур севооборотов - сахарной свёклы и озимой пшеницы.

ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ, СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЧЕРНОЗЁМЕ ТИПИЧНОМ

Для оценки эффективного плодородия, то есть реальной способности почвы обеспечивать высокие урожаи с.-х. культур, первостепенное значение имеет содержание в ней питательных веществ в доступной для растений формах.

При внесении возрастающих доз минеральных и органических удобрений содержание гидролизуемого азота увеличивалось независимо от вида севооборота и способа основной обработки почвы. Если сравнить показатели обеспеченности почвы этой формой азота по обоим видам севооборотов и разным способам основной обработки почвы, то следует отметить, что за три года исследований эти показатели были практически одинаковыми (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние агротехнических приёмов на содержание гидролизуемого азота, подвижного фосфора и калия в почве под озимой пшеницей
(2012-2014 гг.), мг/кг почвы, слой 0-30 см

Насыщенность 1 га севооборотной площади		N гидролизуемый		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		Способы основной обработки почвы					
навоз, т/га	NPK, дозы	вспашка	минимальная	вспашка	минимальная	вспашка	минимальная
Зернотравянопропашной севооборот (ЗТП)							
0	0	148	150	73	80	103	96
	1*	152	154	110	126	118	111
	2	155	157	153	160	130	123
8	0	152	154	97	105	114	108
	1	156	158	143	150	130	123
	2	159	161	177	185	142	135
16	0	155	157	116	123	123	117
	1	159	161	161	168	139	132
	2	162	164	196	203	151	144
Зернопаропропашной севооборот (ЗПП)							
0	0	146	148	88	95	116	111
	1	150	152	133	140	133	127
	2	153	155	168	175	145	139
8	0	150	153	112	119	130	123
	1	154	157	158	165	145	139
	2	157	159	192	199	157	151
16	0	154	156	131	138	139	132
	1	157	160	176	183	154	148
	2	160	163	211	218	166	160
HCP ₀₅		севооборот – 6,5; обработка почвы – 6,4; навоз – 2,9; мин. удобрения – 3,0		севооборот – 12,2; обработка почвы – 6,8; навоз – 10,3; мин. удобрения – 11,4		севооборот – 31,9; обработка почвы – 7,2; навоз – 7,5; мин. удобрения – 7,1	

Примечание: *1 доза внесения NPK: ЗТП - N₄₂P₆₂K₆₂, ЗПП – N₅₄P₆₂K₆₂.

Долевое участие севооборотов в формировании азотного режима в пахотном слое составило в среднем за три года по севооборотам 3,3%, по способам обработки почвы – 17%, по органическим удобрениям – 48,7% и по минеральным – 41,3%, то есть ведущая роль в обеспеченности почвы в пахотном слое принадлежит удобрениям.

За три года исследований содержание подвижного фосфора на вариантах опыта без внесения удобрений в зернотравянопропашном севообороте находилось в слое 0-30 см под озимой пшеницей в пределах 73-80 мг/кг, а в зернопаропропашном 88-95 мг/кг (табл. 1). И минеральные удобрения, и органические обеспечивали достоверные прибавки подвижного фосфора на всех дозах, присутствующих в схеме опыта. При вспашке фосфора содержалось на 7 мг/кг меньше, чем по минимальной обработке без внесения удобрений.

Зернопаропропашной севооборот как на контрольных вариантах, так и на удобренных имел преимущество перед зернотравянопропашным. В варианте без удобрений, содержание подвижного фосфора в зернопаропропашном севообороте под озимой пшеницей было выше, чем в севообороте с многолетними бобовыми травами на 15 мг/кг.

Что касается способов основной обработки почвы, то здесь содержание фосфора преобладало при минимальной обработке в сравнении со вспашкой.

Долевое участие севооборотов в формировании запасов подвижного фосфора в слое 0-30 см составляло 3,8%, способа основной обработки почвы – 0,9%, органических удобрений – 21,1% и минеральных – 74,2%.

Анализируя содержание подвижного калия чернозема типичного в слое 0-30 см, отметим, что в обоих севооборотах без внесения удобрений он квалифицировался по существующей шкале для метода Чирикова как повышенное содержание, которое в почве определялось дозами органических и минеральных удобрений независимо от вида севооборота и способа основной обработки почвы, при этом различия по подвижному калию были достоверны на 95%-ном уровне вероятности.

Долевое участие факторов в формировании содержания калия в слое 0-30 см имеет следующий вид: севообороты – 21,8%, способы обработки почвы – 3,9%, органические удобрения – 27,3%, минеральные – 47,0%.

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ НА ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

Содержание гумуса после двадцатипятилетнего периода времени подверглось изменениям. Отмечено снижение количества гумуса на всех вариантах от зернотравянопропашного севооборота к зернопаропропашному и увеличение от вспашки к минимальной обработке (рис. 1).

С течением длительного периода времени отмечено положительное действие навоза на содержание гумуса в пахотном горизонте, как по вспашке, так и по минимальной обработке почвы в обоих изучаемых севооборотах. А вот действие минеральных удобрений неоднозначно и в значительной мере определяется структурой посевых площадей в севообороте.

В севообороте с многолетними травами содержание гумуса при внесении минеральных удобрений возрастает, как при одной, так и при двух дозах на всех фонах удобренности навозом. В севообороте с чистым паром одинарные дозы минеральных удобрений обеспечили прирост органического вещества независимо от

дозы органических удобрений, а при внесении двойных доз минеральных удобрений, в силу увеличения минерализации, содержание гумуса падает как без внесения навоза, так и по фону навоза, независимо от его дозы.

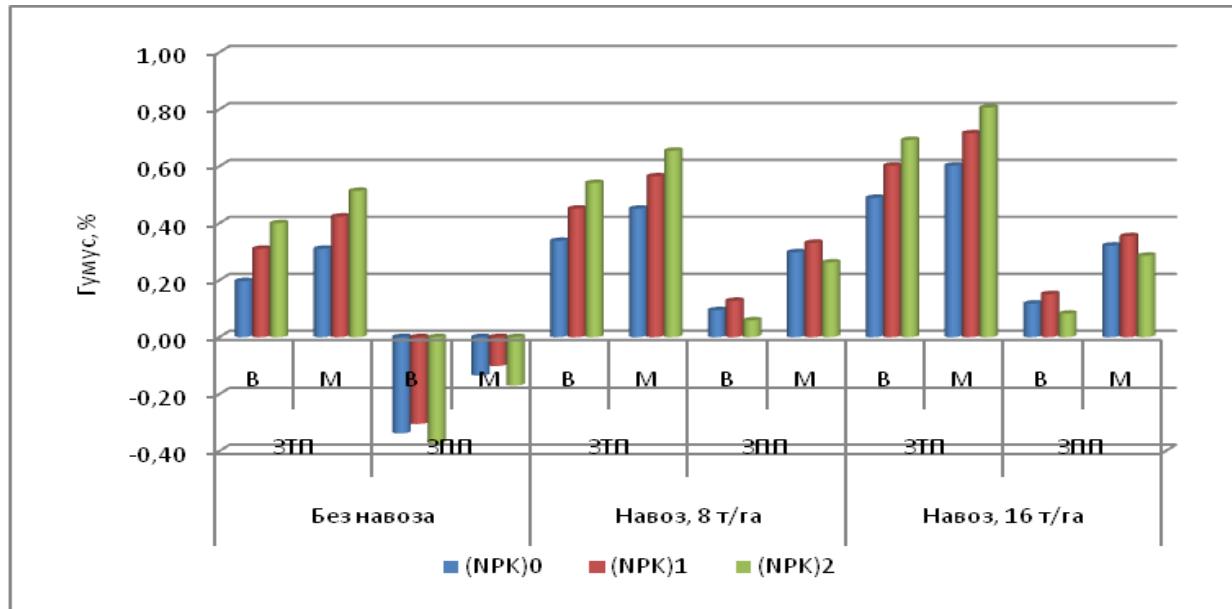


Рис. 1. Изменение содержания гумуса в почве в пятой ротации севооборотов в слое 0-30 см, % к массе почвы к исходным показателям 1987 года

Примечание. * Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП – зернопаропропашной;
** Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка;
***Одинарная доза N₄₂₋₅₄P₆₂K₆₂

Следует предполагать, что в данном случае главная роль принадлежит растительным остаткам, которые остаются в почве после уборки урожая. Больше всего их оставалось в почве в зернотравянопропашном севообороте и минимальное количество в севообороте с 20% культур сплошного сева и полем чистого пара.

В связи с консервативностью такого показателя как гумус, чрезвычайно важно проследить изменение его содержания во времени. Данные рисунка 1 показывают, что в зернотравянопропашном севообороте на всех уровнях удобренности при любом способе основной обработки почвы количество органического вещества в слое почвы 0-30 см увеличивается к пятой ротации, в сравнении с первой, а в зернопаропропашном севообороте не все так однозначно. При всех уровнях удобренности минеральными удобрениями, без внесения навоза произошло снижение содержания гумуса по сравнению с исходными показателями. По фону 8 и особенно 16 тонн навоза на гектар севооборотной площади без внесения минеральных удобрений происходит увеличение органического вещества, добавление одной дозы туков сопровождается приростом гумуса, удвоение же дозы приводит к уменьшению этого показателя, как на вспашке, так и на минимальной обработке почвы.

Самая большая доля влияния на содержание гумуса в почве принадлежит севообороту (64,4%) и навозу (27,7%); влияние способа основной обработки почвы и минеральных удобрений значительно ниже – 6,4 и 1,5%. Наши исследования показали, что вид севооборота и способ основной обработки почвы достаточно

заметно влияют на распределение гумуса по глубине профиля чернозема типичного, что имеет существенное значение в регионе с недостаточным и неустойчивым увлажнением.

Изменение содержания гидролизуемого азота во времени зависело от севооборота, глубины обработки почвы и уровня удобренности (рис. 2). Без внесения навоза и минеральных удобрений по вспашке в ЗТП севообороте содержание азота сохранялось на прежнем уровне, а в ЗПП отмечено снижение азота. Внесение одной дозы минеральных удобрений дает положительный результат только в севообороте с травами, а двойной - в обоих севооборотах. На минимальной же обработке происходило снижение содержания гидролизуемого азота как на абсолютном контроле, так и в случае применения минеральных удобрений, лишь их двойная доза в ЗТП севообороте незначительно повысила его содержание в почве.

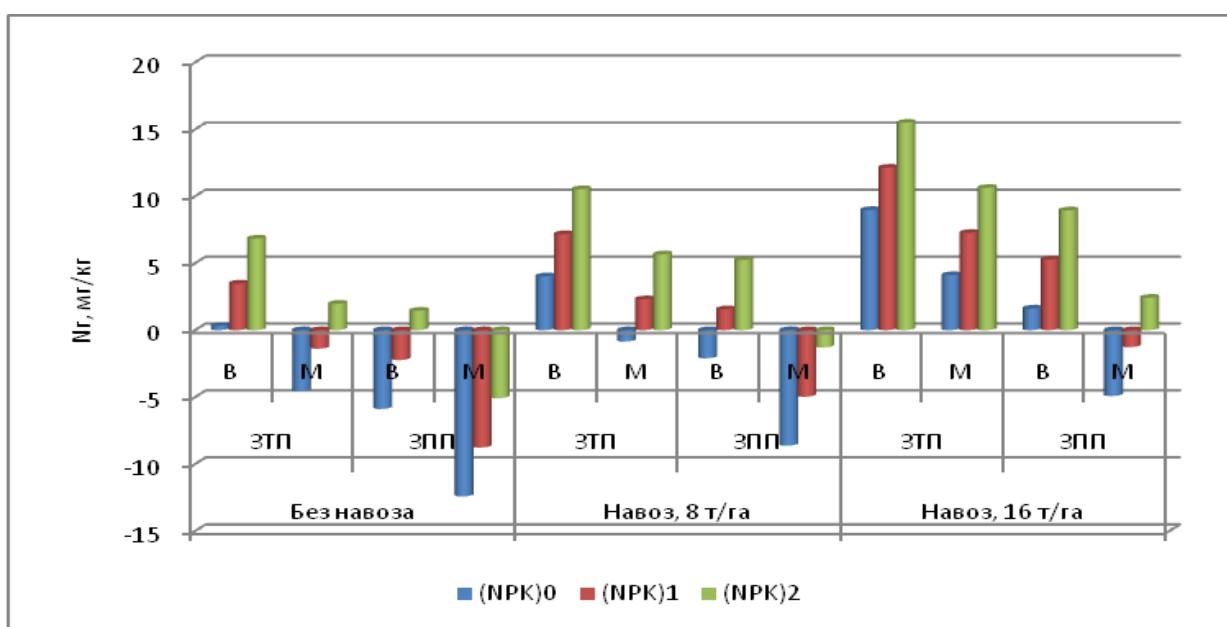


Рис. 2. Изменение содержания гидролизуемого азота в почве в пятой ротации севооборотов в слое 0-50 см, мг/кг N к исходным показателям 1987 года

Примечание.* Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП – зернопаропропашной;

** Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка;

***Одна доза $N_{42-54}P_{62}K_{62}$

При внесении 8 т/га навоза по вспашке уже получен положительный баланс азота в севообороте с многолетними травами, а при внесении дополнительно минеральных удобрений баланс азота был положителен в обоих севооборотах. По минимальной обработке в ЗТП севообороте при совместном внесении органических и минеральных удобрений содержание азота выросло, а в зернопаропропашном – постепенно стабилизировалось. При удвоении уровня навозного фона повышение обеспеченности почвы гидролизуемым азотом вполне очевидно на обоих способах обработки почвы.

Наиболее сильное влияние на азот в слое 0-50 см оказали обработка почвы (19,3%) и удобрения (навоз – 28,8%, минеральные удобрения – 34,6%).

Мониторинг изменения фосфора через двадцать пять лет после закладки опыта показал незначительное снижение его содержания в слое 0-50 см в зернотравянопропашном севообороте без применения удобрений при проведении вспашки и минимальной обработки; при других комбинациях обработок и удобрений содержание фосфатов увеличилось (рис. 3). В зернопаропропашном севообороте на всех обработках при различных уровнях удобренности зафиксирован положительный тренд почвенных фосфатов.

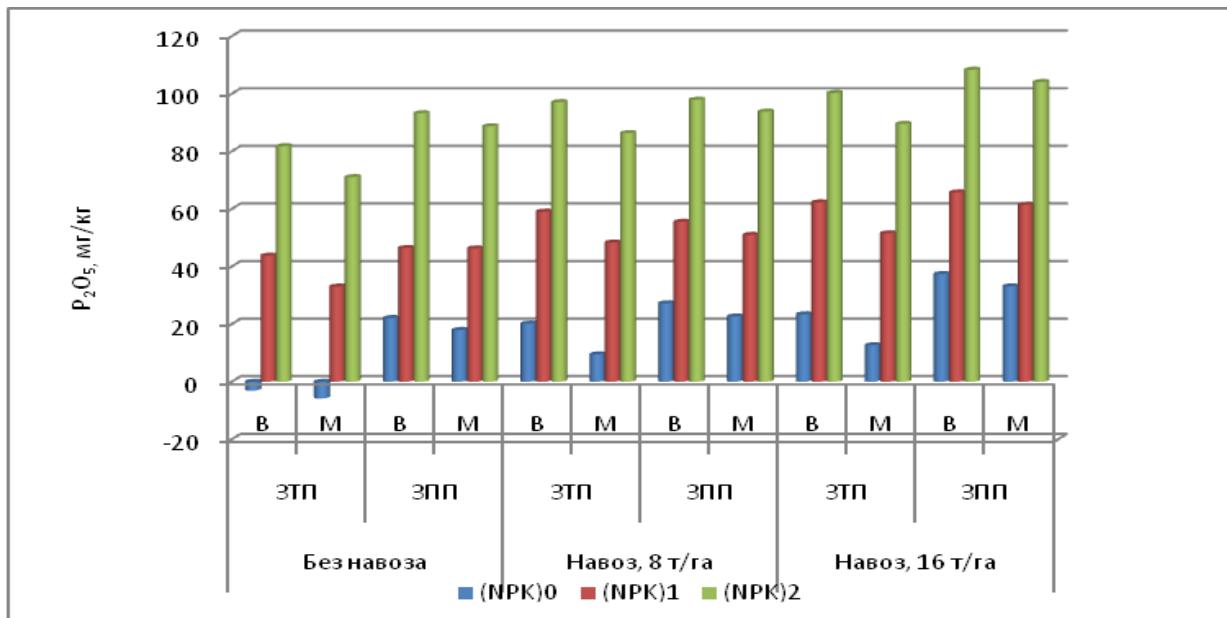


Рис. 3. Изменение содержания подвижного фосфора в почве в пятой ротации севооборотов в слое 0-50 см, мг/кг P₂O₅ к исходным показателям 1987 года

Примечание.* Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП - зернопаропропашной;

** Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка;

*** N₄₂₋₅₄P₆₂K₆₂

При этом по накоплению подвижного фосфора хорошо заметна положительная роль севооборота с чистым паром по сравнению с зернотравянопропашным севооборотом в слое почвы 0-50 см чернозема типичного, а так же глубокой обработки почвы с оборотом пласта на всех уровнях внесения органических и минеральных удобрений при сравнении с минимальной обработкой.

Максимальная доля участия в формировании фосфорного режима принадлежит минеральным удобрениям, несколько меньшая способам обработки почвы и минимальная органическим удобрениям и севооборотам.

Так, долевое участие вида севооборота в формировании подвижной формы фосфора в почве в слое 0-50 см составило в среднем за три года 3,4%, способа основной обработки почвы – 10,8%, навоза – 5,6% и минеральных удобрений – 80,2%.

Изменение содержания подвижного калия на глубине 0-50 см во времени показывает, что в зернотравянопропашном севообороте оно снизилось в пятой ротации по сравнению с исходным, снижение по минимальной обработке почвы было в большей степени, а по вспашке в меньшей мере, то есть после двадцатипятилетнего периода без применения удобрений имеет место отрицательный тренд. Внесение

минеральных удобрений способствовало положительному балансу (рис. 4.). В севообороте с чистым паром происходит накопление этого элемента как с применением минеральных или органических удобрений, так и без них.

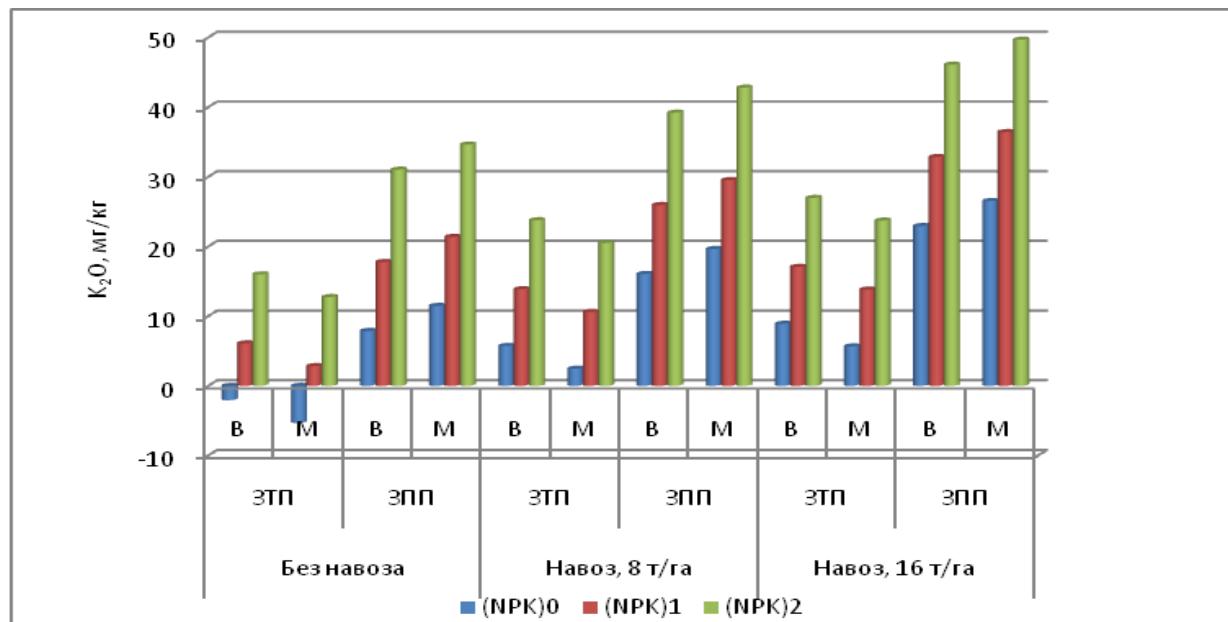


Рис. 4. Изменение содержания подвижного калия в почве в пятой ротации севооборотов в слое 0-50 см, мг/кг K₂O к исходным показателям 1987 года

Примечание.* Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП – зернопаропропашной;

** Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка;

*** N₄₂₋₅₄P₆₂K₆₂

Наблюдение за динамикой подвижного калия в течение двадцати пяти лет показало, что несомненное преимущество имеет зернопаропропашной севооборот над зернотравянопропашным.

Максимальное влияние на содержание калия в почве оказал севооборот – 42,1% и минеральные удобрения 31,3%.

Наши исследования показали, что в зернотравянопропашном севообороте при глубокой обработки почвы гидролитическая кислотность в пахотном слое несколько выше чем при минимальной обработке (3,47-3,85 и 3,26-3,63 мг-экв./100 г соответственно). А в зернопаропропашном севообороте наоборот максимальная кислотность почвы отмечалась при проведении мелкой обработки (4,68-5,05). При сравнении севооборотов следует отметить, что гидролитическая кислотность почвы в пятой ротации была выше в севообороте с чистым паром (4,32-5,05 мг-экв./100 г почвы), нежели в севообороте с многолетними бобовыми травами (3,26-3,85 мг-экв./100 г почвы) это прослеживается как по минимальной обработке почвы, так и по вспашке. При применении навоза показатели гидролитической кислотности снижаются, а от минеральных удобрений наоборот увеличиваются, и чем выше доза удобрений, тем больше кислотность почвенного раствора.

Если проанализировать изменения гидролитической кислотности, произошедшие через двадцать пять лет закладки опыта, то можно констатировать, что в зернотравянопропашном севообороте кислотность без применения удобрений

снизилась на минимальной обработке, а на вспашке повысилась (рис. 5.). В севообороте с чистым паром в данном случае произошло увеличение гидролитической кислотности на обеих обработках.

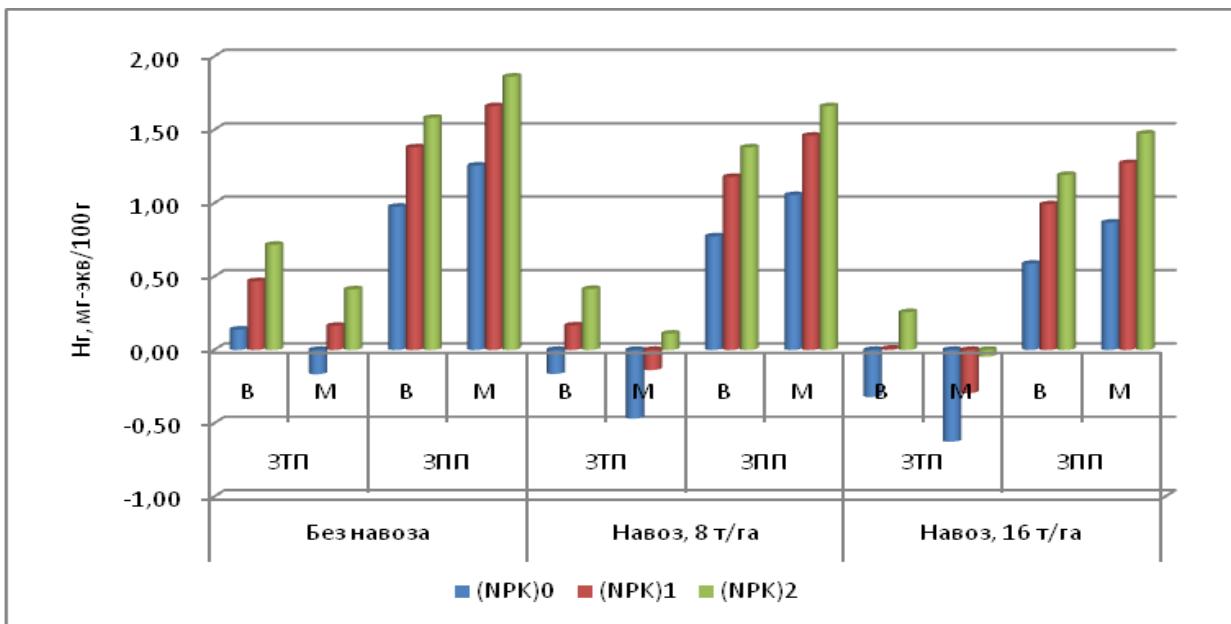


Рис. 5. Изменение гидролитической кислотности в почве в пятой ротации севооборотов в слое 0-50 см, мг-экв./100 г почвы к исходным показателям 1987 года

Примечание.* Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП – зернопаропропашной;

** Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная обработка;

*** N₄₂₋₅₄P₆₂K₆₂

Внесение навоза в дозе 8 тонн на гектар севооборотной площади позволило снизить гидролитическую кислотность без внесения минеральных удобрений по сравнению с исходным только в севообороте с многолетними травами на обеих обработках почвы; совместное применение навоза с промышленными удобрениями на вспашке привело к увеличению кислотности, а по минимальной обработке увеличение этого показателя отмечалось лишь при внесении удвоенной дозы минеральных удобрений.

При увеличении количества органических удобрений в два раза в зернотравянопропашном севообороте уменьшение гидролитической кислотности на вспашке произошло лишь без применения минеральных удобрений, а при совместном использовании удобрений – сохраняется негативный тренд. При минимальной обработке почвы снижение кислотности отмечено как при отдельном действии двойной дозы навоза, так и при его совместном действии с одной дозой минеральных удобрений.

В зернопаропропашном севообороте гидролитическая кислотность почвы увеличилась по сравнению с исходным состоянием этого показателя независимо от способа основной обработки почвы и уровня внесения минеральных удобрений. В севооборотах подобного рода для сохранения реакции почвенной среды на первоначальном уровне необходимо применять известьсодержащие мелиоранты, то есть проводить известкование.

При рассмотрении долевого участия факторов на показатель гидролитической кислотности следует отметить, что наибольшее влияние оказал вид севооборота, минеральные удобрения, затем навоз и способ основной обработки почвы.

ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ, СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ И УДОБРЕНИЙ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Проведенные нами исследования показали, что запасы продуктивной влаги, накопившейся в почве к апрелю, зависели от изучаемых факторов, но в различной степени (табл. 2). Минеральные удобрения повышали запас продуктивной влаги в метровом слое как на вспашке, так и на минимальной обработке только без применения навоза и в сочетании с 8 т на 1 га севооборотной площади.

Таблица 2 - Влияние севооборотов, способов обработки и удобрений на запасы продуктивной влаги в почве под озимой пшеницей, слой 0-100 см, мм (2012-2014 гг.)

Удобрения		Среднее по севооборотам				Среднее по обработкам			
навоз, т/га.	мин. ед.	В		М		ЗТП		ЗПП	
		весна	уборка	весна	уборка	весна	уборка	весна	уборка
0	0	111,6	73,4	127,8	87,8	109,8	77,4	129,6	83,8
	1*	124,4	82,3	133,4	94,7	124,3	88,7	133,5	88,3
	2	131,1	81,9	132,1	89,3	129,4	86,9	133,8	84,3
8	0	131,8	77,5	136,3	86,4	128,6	80,9	139,5	82,9
	1	135,7	85,0	135,4	98,1	132,1	96,9	139,0	86,1
	2	139,6	83,4	141,4	91,0	141,1	92,2	139,9	82,2
16	0	143,7	86,1	144,1	95,8	143,7	89,7	144,1	92,2
	1	142,1	90,2	144,5	92,9	142,5	86,8	144,1	96,3
	2	140,1	91,4	141,5	87,7	140,5	95,2	141,1	83,9
Среднее		133,3	83,5	138,4	91,5	133,7	88,3	138,3	86,7
НСР ₀₅ (весна)		севооборот – 7,7; обработка почвы – 19,1; навоз – 16,2; минеральные удобрения – 3,4							
НСР ₀₅ (уборка)		севооборот – 3,0; обработка почвы – 12,2; навоз – 11,2; минеральные удобрения – 1,1							

Примечание: *1 доза внесения NPK севооборотной площади: ЗТП - N₄₂P₆₂K₆₂; ЗПП - N₅₄P₆₂K₆₂.

В зернопаропропашном севообороте запасы влаги были больше, чем в зернотравянопропашном, что объясняется влиянием черного пара, способствующего сохранению влаги. Органические удобрения также способствовали накоплению и сохранению продуктивной влаги в почве, но это квалифицируется как тенденция, однако при двойной дозе навоза эти различия статистически достоверны. Минимальная обработка по сравнению с вспашкой способствовала накоплению влаги как по отдельным вариантам, так и в среднем по блоку с удобрениями.

В течение вегетационного периода запасы продуктивной влаги уменьшались. В зернотравянопропашном севообороте без применения удобрений уменьшение к уборке было 29,5%. В зернопаропропашном севообороте запасы влаги сократились на

35,3 %. Применение двойной дозы минеральных удобрений усиливало уменьшение влаги.

Общеизвестно, что коэффициент водопотребления на единицу полученной продукции зависит не только от содержания продуктивной влаги в почве, но и от величины урожайности культуры. В наших опытах максимальное водопотребление складывалось в вариантах, не предусматривающих внесение удобрений, и в зернотравянопропашном севообороте он составил 664-699, а в зернопаропропашном 732-755 м³/т продукции (табл. 3).

Таблица 3 - Водопотребление озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки почвы и удобрений в среднем за 2012-2014 гг.

навоз, т/га.	мин. уд., ед.	Суммарное водопотребление, м ³ /га		Коэффициент водопотребления, м ³ /т	
		способ обработки почвы			
		вспашка	минимальная	вспашка	минимальная
Зернотравянопропашной севооборот					
0	0	2190	2377	664	699
	1*	2314	2239	579	546
	2	2399	2216	522	452
8	0	2443	2352	643	619
	1	2385	2162	530	450
	2	2474	2346	485	489
16	0	2537	2385	619	542
	1	2475	2482	538	507
	2	2374	2374	440	432
Зернопаропропашной севооборот					
0	0	2417	2343	755	732
	1	2372	2376	565	553
	2	2428	2406	467	481
8	0	2485	2489	592	593
	1	2472	2427	515	458
	2	2493	2504	453	439
16	0	2456	2425	534	516
	1	2405	2392	481	451
	2	2442	2545	414	431
НСР ₀₅		севооборот – 13; обработка почвы – 45; навоз – 40; мин. удобрения – 57			

Примечание: *1 доза внесения NPK севооборотной площади: ЗТП - N₄₂P₆₂K₆₂; ЗПП - N₅₄P₆₂K₆₂.

При улучшении питательного режима почвы, путём внесения удобрений, растение более экономно использовало запасы продуктивной влаги на единицу продукции. Например, при внесении только минеральных удобрений коэффициент водопотребления в зернотравянопропашном севообороте уменьшился до 452-522, а в зернопаропропашном до 467-481 м³/т. Последействие навоза также сокращало потребление влаги растением, но в меньшей степени. В зернотравянопропашном севообороте водопотребление сократилось на 45-157 м³/т, а в ЗПП на 216-221 м³/т.

При сочетании промышленных удобрений и навоза коэффициент водопотребления был наименьшим и составил 432-440 м³/т в зернотравянопропашном севообороте и 414-431 м³/т в севообороте с чистым паром.

В таблице 4 показаны данные по плотности почвы, полученные в ходе исследований за три года. Вспашка уменьшила плотность почвы на всех уровнях применения органических и минеральных удобрений. Что касается севооборотов, то здесь более предпочтителен севооборот с чистым паром.

Таблица 4 – Влияние севооборотов, способов обработки и удобрений на плотность почвы, в слое 0-30 см, г/см³ (2012-2014 гг.)

Навоз, т/га с/об.пл.	NPK, доза	Зернотравянопропашной севооборот		Зернопаропропашной севооборот	
		вспашка	минимальная	вспашка	минимальная
0	0	1,17	1,23	1,17	1,15
	1	1,20	1,23	1,15	1,17
	2	1,23	1,23	1,16	1,19
8	0	1,14	1,18	1,16	1,19
	1	1,16	1,18	1,11	1,18
	2	1,18	1,19	1,09	1,11
16	0	1,12	1,16	1,10	1,12
	1	1,13	1,15	1,06	1,08
	2	1,14	1,08	1,10	1,13
HCP ₀₅		севооборот – 0,08; обработка почвы – 0,02; навоз – 0,05; мин. удобрения – 0,03			

Зависимость плотности от доз органических удобрений обратная – чем выше доза навоза, тем меньше плотность. Влияние минеральных удобрений на плотность почвы неоднозначное – на безнавозном фоне в среднем по двум севооборотам она увеличивается, а на навозных фонах падает.

Результаты наших исследований показали хорошее состояние почвы по её агрегатному составу согласно классификации, представленной Е.В. Шеинным и В.К. Гончаровым (2006) – сумма фракций от 0,25 до 10 мм составляла более 60% на всех вариантах опыта. Исходя из данных, представленных на рисунке 6, следует отметить несомненное влияние севооборотов. В зернотравянопропашном севообороте содержание агрономически ценной структуры было гораздо выше, чем в зернопаропропашном. Минимальная обработка по сравнению со вспашкой улучшала структурно-агрегатный состав почвы слоя 0-30 см, что заметно в обоих севооборотах.

При мелкой обработке почвы структурный состав был лучше в зернотравянопропашном севообороте на 2,7-6,9%, а в зернопаропропашном – на 2,7-8,8%. Внесение только минеральных удобрений способствовало уменьшению содержания почвенных агрегатов суммы фракций 0,25-10 мм и составило 72,2-73,1% (ЗТП) и 63,0-64,8% (ЗПП) по вспашке и 74,0-75,0% (ЗТП) и 70,4-71,5% (ЗПП) по минимальной обработке почвы. Внесение минеральных удобрений по фону последействия 40 и 80 т/га навоза способствовало наоборот увеличению содержания агрономически ценной структуры почвы.

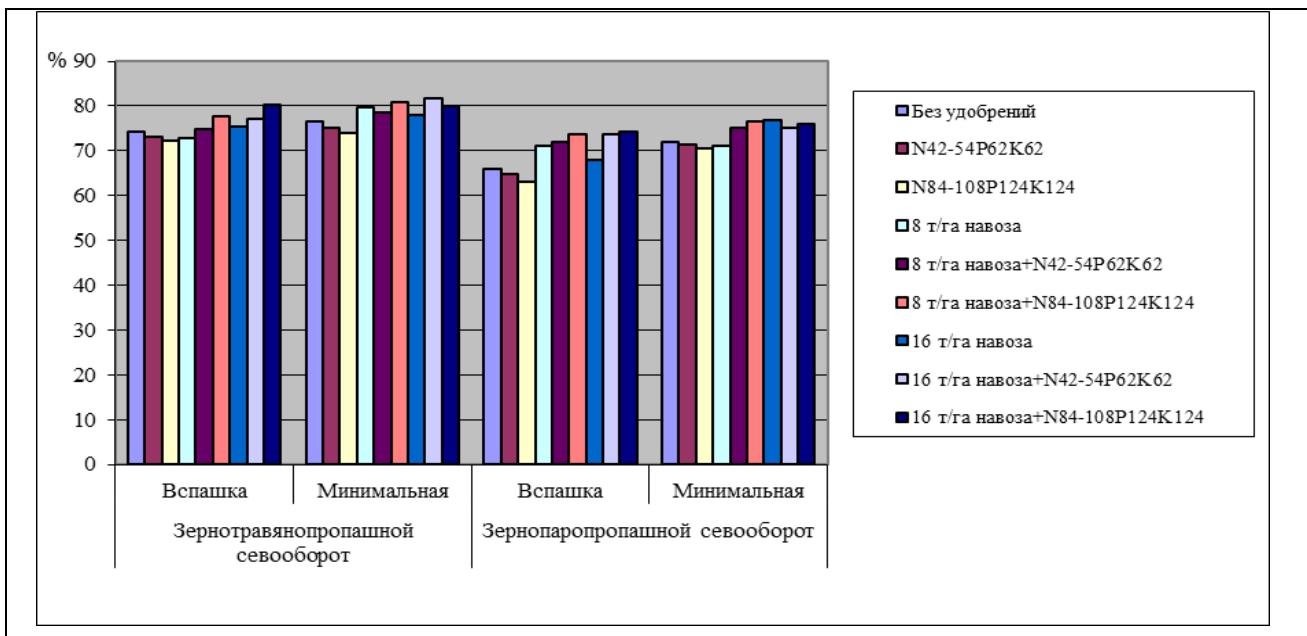


Рис. 6. Влияние севооборотов, способов обработки и удобрений на структурно-агрегатный состав почвы под озимой пшеницей в слое 0-30 см, % (2012-2014 гг.)

Таким образом, проведённые исследования показали, что севооборот, обработка почвы и удобрения повлияли на агрофизические свойства почвы, но с различным уровнем интенсивности.

На активность разложения льняного полотна большое влияние оказал вид севооборота. В зернотравянопропашном севообороте биологическая активность почвы оказалась на 2-5% больше, чем в зернопаропропашном севообороте.

При анализе влияния способа обработки почвы следует отметить, что при минимальной обработке активность почвенных организмов была выше, чем при глубокой обработке. Без использования каких-либо удобрений степень разложения полотна по вспашке в севообороте с многолетними бобовыми травами составила 39,2-43,2%, а при минимальной обработке она была на 2,0-3,8% выше (43,0-45,2%).

Внесение минеральных удобрений обусловило увеличение скорости разложения льняного полотна, что особенно заметно в сочетании их с навозом, внесённым в дозе 16 т на 1 гектар севооборотной площади. При этом увеличение дозы минеральных удобрений способствовало тому, что процент разложения полотна достиг 62,4-71,2% в зависимости от вида севооборотов. При внесении только навоза активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов также увеличивалась.

В заключении следует отметить, что максимальное положительное действие оказал зернотравянопропашной севооборот, минимальная обработка почвы и совместное внесение навоза и минеральных удобрений.

ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ, СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР

Наши исследования выявили определённое влияние севооборотов на урожайность озимой пшеницы. Так, после чистого пара урожайность зерна без применения каких-либо удобрений составила 3,50-3,53 т/га (в зависимости от способа обработки почвы), а после многолетних трав – 3,37-3,44 т/га, однако различия между ними несущественны (табл. 5). Способ основной обработки почвы заметного влияния

на варьирование урожайности не оказал, можно лишь отметить небольшое преимущество минимальной обработки.

Таблица 5 - Влияние вида севооборота, способа основной обработки почвы и удобрений на урожайность озимой пшеницы и сахарной свеклы, т/га

Удобрения		Севообороты			
навоз, т/га	минер., кг/га д.в	ЗТП*		ЗПП	
		B**	M	B	M
Озимая пшеница, 2012-2016 гг.					
0	0	3,37	3,44	3,53	3,50
	1***	4,20	4,38	4,55	4,43
	2	4,88	5,15	5,28	5,16
8	0	3,89	3,92	4,24	4,24
	1	4,53	4,75	4,96	5,07
	2	5,13	4,85	5,52	5,56
16	0	4,05	4,32	4,66	4,55
	1	4,82	4,94	5,17	5,34
	2	5,43	5,42	5,89	5,77
Среднее		4,48	4,57	4,87	4,85
Сахарная свекла, 2013-2017 гг.					
0	0	22,2	19,6	23,5	21,0
	1***	37,6	35,8	39,0	36,4
	2	49,5	47,6	50,8	48,2
8	0	28,2	25,6	29,5	26,9
	1	43,6	41,8	44,9	43,4
	2	55,4	53,6	56,7	54,2
16	0	32,8	30,2	34,1	31,5
	1	48,3	46,4	49,5	47,0
	2	60,1	58,2	61,3	58,8
Среднее		42,0	39,9	43,3	40,8

НСР₀₅ для пшеницы: севооборот – 0,40; обработка почвы – 0,21; навоз – 0,18; минеральные удобрения – 0,12

НСР₀₅ для свеклы: севооборот – 2,19; обработка почвы – 0,63; навоз – 0,90; минеральные удобрения – 0,45

Примечание.*Севообороты: ЗТП – зернотравянопропашной, ЗПП – зернопаропропашной

** Обработка почвы: В – вспашка, М – минимальная;

*** Доза: для пшеницы - N₉₀P₆₀K₆₀, для свеклы - N₉₀P₉₀K₉₀

Урожайность озимой пшеницы во многом зависела от количества внесенных удобрений. Причём, сравнивая влияние минеральных удобрений и навоза, следует отметить наибольшую эффективность минеральных удобрений. Так, по вспашке повышение урожайности по сравнению с вариантом без удобрений при внесении одной дозы минеральных удобрений составило 0,83-1,02 т/га и при внесении двойной дозы 1,51-1,75 т/га, а по минимальной обработке соответственно – 0,93-0,94 и 1,66-1,71. По навозу же от одной дозы прибавка урожая при проведении вспашки составила 0,52-0,71 т/га, по двойной – 0,68-1,13 т/га, по минимальной обработке –

0,48-0,74 т/га и 0,88-1,05 т/га. Максимальная урожайность культуры была получена при сочетании минеральных удобрений и навоза.

Наиболее высокое долевое участие в формировании урожая зерна озимой пшеницы было получено под действием минеральных удобрений (73,7%), навоза (14,8%) и вида севооборота (6,4%); на обработку почвы в среднем за годы исследований приходилось всего 0,1%.

Оценивая урожайность сахарной свёклы, в первую очередь следует отметить, что на продуктивность этой технической культуры оказали значительное влияние не только минеральные удобрения и навоз, но и способ основной обработки почвы, а также вид севооборота. Например, в среднем по девяти вариантам удобренности по вспашке было получено 42,0-43,3 т/га корнеплодов, а по минимальной обработке – 39,9-40,8 т/га.

С увеличением дозы удобрений, в особенности минеральных, урожайность сахарной свёклы заметно возрастила. Так, в зернотравянопропашном севообороте её повышение при внесении двойной дозы только минеральных удобрений составило в зависимости от глубины обработки почвы 27,3-28,0 т/га, а при внесении только двойной дозы навоза – 10,6 т/га.

Максимальная же прибавка по сравнению с абсолютным контролем отмечалась также, как и с озимой пшеницей, при совместном внесении двойной дозы минеральных удобрений и навоза. Долевое участие минеральных удобрений в формировании урожая сахарной свёклы составило 86,1%, а органических – 12,7%.

Таким образом, анализ урожайности основных культур севооборотов показал, что урожай озимой пшеницы и сахарной свёклы формировался, в основном, под влиянием доз удобрений, вида севооборота и зависел при возделывании сахарной свёклы от глубины обработки почвы, но не зависел от способа основной обработки почвы при выращивании озимой пшеницы.

Для выяснения характера влияния основных показателей плодородия почвы на продуктивность культур были рассчитаны коэффициенты корреляции. Максимальная корреляционная зависимость на обеих культурах отметилась с агрохимическими показателями – содержание в почве азота (для озимой пшеницы 0,81, для сахарной свёклы 0,79), фосфора (соответственно 0,92 и 0,96) и калия (0,94 и 0,90) с положительным знаком. Плотность пахотного слоя почвы проявила отрицательное влияние на урожай озимой пшеницы (коэффициент корреляции составил -0,42), и сахарной свеклы (-0,38).

На экономические показатели технологии выращивания озимой пшеницы оказали влияние все привлеченные в эксперимент факторы, но в разной степени. Условно чистый доход закономерно увеличивался в обоих севооборотах и на обеих обработках почвы с повышением доз навоза и минеральных удобрений.

Условно чистый доход в зернотравянопропашном севообороте заметно повышался на минимальной обработке, а в зернопаропропашном таких отличий обнаружено не было. Если сравнивать вид севооборота, то несомненное преимущество имел севооборот с чистым паром: условно чистый доход в севообороте с травами в среднем по блоку с удобрениями составил 16,7-18,0 тыс. руб. с гектара, а в севообороте с паром – 19,4-19,6.

Уровень рентабельности с увеличением дозы минеральных удобрений снижался, а при увеличении дозы навоза – повышался. Если сравнивать способы обработки почвы по этому показателю, то несомненное преимущество в обоих севооборотах имела минимальная обработка. Среди севооборотов на первом месте

находился зернопаропропашной, уровень рентабельности по которому составил 136-141%, против 117-129% в зернотравянопропашном севообороте.

В опыте с сахарной свеклой условно чистый доход в отношении фактора удобренности ведет себя также, как и в случае с озимой пшеницей – абсолютная величина его возрастает с ростом доз навоза и минеральных удобрений. Среди способов основной обработки почвы безусловное преимущество имела вспашка, а среди севооборотов – зернопаропропашной. В среднем условно чистый доход в севообороте с многолетними травами составил 36,8-39,7 тыс. руб. с гектара, а в севообороте с чистым паром – 38,4-41,8.

Показатель рентабельности увеличивался с ростом степени удобренности не только навозом, но и минеральными удобрениями. По уровню рентабельности лучшие результаты получены по глубокой обработке. Так, в зернотравянопропашном севообороте по вспашке уровень рентабельности составил 131%, а по минимальной обработке 122%, в зернопаропропашном - соответственно 138% и 128%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные нами исследования позволили сделать следующие выводы.

1. На основании проведённых исследований в севооборотах выявлены закономерности изменения содержания питательных веществ в почве и основных критериев потенциального и эффективного плодородия чернозема типичного. Под влиянием видов севооборотов, способов основной обработки почвы и удобрений установлены особенности изменения запасов продуктивной влаги, структурно-агрегатного состава, плотности и биологической активности почвы. В зависимости от изучаемых факторов выявлено варьирование урожайности основных культур (озимая пшеница и сахарная свёкла).

2. Исследования показали, что питательный режим почвы под озимой пшеницей в слое 0-30 см в течение вегетации изменялся под действием изучаемых в опыте факторов, также изучаемые факторы внесли свои коррективы в количественную характеристику потенциального почвенного плодородия.

2.1. Содержание гидролизуемого азота в пахотном слое под озимой пшеницей не зависело от способа основной обработки почвы, а среди севооборотов преобладал зернотравянопропашной. Содержание его в слое 0-50 см было наибольшим в севообороте с бобовыми травами. Минеральные и органические удобрения достоверно увеличивали содержание гидролизуемого азота.

Без внесения удобрений в среднем по двум севооборотам отмечено его снижение во времени за 25 лет наблюдений в слое 0-50 см, при внесении 8 т/га навоза по вспашке выявлено увеличения содержания, а по минимальной обработке почвы – снижение. При удвоении дозы навоза повышение обеспеченности азотом проявилось на обоих способах обработки почвы. В этом же контексте в зернопаропропашном севообороте на абсолютном контроле содержание азота уменьшилось, а в севообороте с травами осталось на прежнем уровне.

2.2. Содержание подвижного фосфора в опыте с озимой пшеницей было несущественно большим при проведении минимальной обработки, а среди севооборотов предпочтительнее по этому показателю был зернопаропропашной.

Анализ изменения фосфора за длительный период времени свидетельствует об увеличении его содержания в слое 0-50 см на всех способах обработки, но больше

всего на вспашке, а среди севооборотов положительное действие оказал зернопаропропашной.

2.3. Динамика калия в пахотном слое проявилась в улучшении обеспеченности этим макроэлементом по вспашке, а среди севооборотов преимущество, как и при обеспеченности фосфором, оставалось за зернопаропропашным.

В зернотравянопропашном севообороте на абсолютном контроле в слое почвы 0-50 см содержание калия снизилось в пятой ротации по сравнению с исходным его содержанием – на вспашке в меньшей степени, на минимальной обработке – в большей. Лишь внесение органических и минеральных удобрений дает положительный результат. В севообороте с чистым паром происходит накопление этого элемента и без внесения удобрений.

3. Содержание в почве гумуса изменялось под влиянием всех изучаемых агроприёмов, но в различной степени. Севооборот с многолетними бобовыми травами способствовал накоплению гумуса в почве и без внесения удобрений. Совместное внесение органических и минеральных удобрений в зернотравянопропашном севообороте способствовало заметному увеличению содержания гумуса.

В зернопаропропашном севообороте без применения навоза содержание гумуса снижалось по сравнению с исходным на всех комбинациях опыта. Навоз в дозе 8 т/га позволил сохранить гумус на исходном уровне. На фоне 16 т/га навоза содержание органического вещества существенно возросло и без внесения промышленных удобрений. Минимальная обработка почвы сохраняла большее содержание гумуса по сравнению с отвальной вспашкой.

4. На глубине 0-50 см в пятой ротации различия по гидролитической кислотности между обработками почвы статистически не состоятельны, а между севооборотами – зернопаропропашной способствовал увеличению этого показателя в почве. Гидролитическая кислотность снижалась от навоза и увеличивалась от минеральных удобрений и тем сильнее, чем выше доза туков.

Внесение навоза в дозе 8 и 16 тонн на гектар севооборотной площади позволило снизить гидролитическую кислотность как на вспашке, так и на минимальной обработке почвы по сравнению с исходным уровнем. В севообороте с чистым паром кислотность почвы выросла независимо от способа основной обработки почвы и уровня внесения минеральных и органических удобрений.

5. Севообороты, способы обработки почв и внесение удобрений оказывали влияние на агрофизические и биологические свойства чернозема типичного с разной интенсивностью и степенью верификации.

5.1. Запасы продуктивной влаги зависели при прочих равных условиях от величины внесения минеральных удобрений. Применение двойной дозы минеральных удобрений увеличивало её содержание. В зернопаропропашном севообороте запасы влаги были больше, чем в зернотравянопропашном. Различия между способами основной обработки почвы и дозами последействия навоза по этому параметру оказались несущественными.

5.2. Влияние способа основной обработки почвы на плотность в среднем по двум севооборотам проявилась следующим образом. Глубокая отвальная вспашка уменьшила показатель плотности на всех уровнях применения органических и минеральных удобрений в слое 0-30 см. И это различие достоверно на 5%-ном уровне значимости. Что касается севооборотов, то здесь более предпочтителен севооборот с чистым паром.

Зависимость плотности от органических удобрений обратная – чем выше доза навоза, тем меньше плотность. Влияние минеральных удобрений на плотность почвы неоднозначное – на безнавозном фоне в среднем по двум севооборотам она увеличивается, а на навозных фонах уменьшается.

5.3. Сумма агрономически ценных агрегатов за годы исследований составляла более 60%. Минимальная обработка по сравнению со вспашкой способствовала улучшению структурно-агрегатного состава почвы. Внесение только навоза также способствовало увеличению содержания наиболее ценных почвенных агрегатов размером 0,25-10 мм, что наиболее заметно в слое 0-30 см.

5.4. Биологическая активность почвы зависела от вида севооборота. В зернотравянопропашном разложение льняного полотна было более интенсивным, чем в зернопаропропашном. В слое почвы 0-10 см при минимальной обработке почвы биологическая активность оказалась выше, чем при глубокой обработке. Однако с глубиной за счёт минимизации обработки почвы деятельность микроорганизмов снижалась. Внесение минеральных и органических удобрений обуславливало увеличение интенсивности разложения льняного полотна, причём максимальный эффект от удобрений достигался в зернотравянопропашном севообороте при минимальной обработке почвы.

6. Продуктивность озимой пшеницы не зависела от способа основной обработки почвы и вида севооборота, так как различия по урожаю, полученные по этим факторам, не выходят за пределы наименьшей существенной разности. Продуктивность сахарной свеклы была максимальной при вспашке и в севообороте с чистым паром. Урожайность обеих культур увеличивалась с ростом доз минеральных и органических удобрений.

7. При возделывании озимой пшеницы наибольший условно чистый доход получен в обоих севооборотах при минимальной обработке почвы, а среди севооборотов по этим показателям на первом месте был зернопаропропашной. В опыте с сахарной свеклой наибольшие экономические показатели были получены по вспашке и в севообороте с чистым паром. Максимальный условно чистый доход получен при выращивании обеих культур при наибольшем уровне удобренности как на озимой пшенице, так и на сахарной свекле.

Уровень рентабельности на озимой пшенице увеличивался с ростом доз навоза и снижался при увеличении доз минеральных удобрений. Уровень рентабельности сахарной свеклы имел тенденцию к росту с повышением, как доз органических удобрений, так и минеральных.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для поддержания оптимальных почвенных показателей для роста и развития культур необходимо вносить в севооборотах без многолетних бобовых трав не менее 8 тонн на 1 га севооборотной площади подстилочного навоза или эквивалентное количество по сухому веществу других видов органических удобрений.

2. Для улучшения питательного режима почвы, повышения её плодородия и роста продуктивности сельскохозяйственных культур необходимо внесение минеральных удобрений в севообороте с многолетними бобовыми травами на 1 га с.п. $N_{42}P_{62}K_{62}$, а в зернопаропропашном - $N_{54}P_{62}K_{62}$ по фону навоза (16 т/га с.п.).

3. Для получения максимальных экономических показателей необходимо применять обработку почвы, учитывающую биологические особенности возделываемых культур (под озимую пшеницу следует практиковать ресурсосберегающую минимальную обработку, а под сахарную свеклу – глубокую с оборотом пласта).

4. С целью получения максимального урожая озимой пшеницы и сахарной свеклы с высокими экономическими показателями необходимо вносить под озимую пшеницу в зернотравянопропашных севооборотах минеральные удобрения в дозах $N_{90}P_{60}K_{60}$, а под сахарную свеклу – $N_{180}P_{180}K_{180}$; в зернопаропропашных – совместное применение этих доз минеральных удобрений с дозой навоза 8 т на 1 га севооборотной площади.

Список работ, опубликованных по материалам диссертации Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Соловиченко, В.Д. Динамика содержания обменного калия в почве за период трёх ротаций зернотравяного севооборота / В.Д. Соловиченко, Н.К. Шаповалов, **Е.В. Навольнева** // Сахарная свёкла. – 2014. – №9. – С. 38-40.
2. Соловиченко, В.Д. Изменение содержания гумуса в специализированных севооборотах в зависимости от элементов технологии / В.Д. Соловиченко, **Е.В. Навольнева**, А.Г. Ступаков, А.А. Ореховская // Сахарная свёкла. – 2014. – №10. – С. 19-21.
3. **Навольнева, Е.В.** Система удобрения как фактор сохранения гумуса в почве / Е.В. Навольнева, А.Г. Ступаков, М.А. Куликова, С.А. Дмитриенко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №5. – С. 55-57.
4. Никитин, В.В. Влияние севооборотов, способов обработки почв и удобрений на изменение содержания гумуса в чернозёме типичном / В.В. Никитин, С.И. Тютюнов, В.Д. Соловиченко, А.Н. Воронин, **Е.В. Навольнева** // Аграрная наука. – 2015. – №3. – С. 5-7.
5. Тютюнов, С.И. Влияние пищевого режима и органического вещества на плодородие почвы и урожайность озимой пшеницы / С.И. Тютюнов, **Е.В. Навольнева**, В.Д. Соловиченко, А.Г. Ступаков // Агрохимический вестник. – 2016. – №5. – С. 23-27.

Публикации в других изданиях:

6. **Навольнева, Е.В.** Гумусное состояние чернозёма типичного / XX Международная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов – 2013». – Москва, 2013. – С. 180-181.
7. Воронин, А.Н. Ресурсосберегающие приёмы использования органических удобрений и возобновляемых биоресурсов в агротехнологиях возделывания кукурузы на зерно в Белгородской области / А.Н. Воронин, В.Д. Соловиченко, **Е.В. Навольнева** // Белгород: Отчий край, 2014 – 30 с.
8. **Навольнева, Е.В.** Роль удобрений, обработки почвы и вида севооборота в формировании агрофизических свойств чернозёма типичного / Е.В. Навольнева, В.Д. Соловиченко, А.Г. Ступаков, М.А. Куликова, С.А. Дмитриенко // Сборник докладов «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия», г. Курск, 2014 г. – Курск, ВНИИЗиЗПЭ. – С. 81-84.
9. **Навольнева, Е.В.** Влияние агротехнических приёмов на агрофизические свойства чернозёма типичного / Е.В. Навольнева, В.Д. Соловиченко, А.Г. Ступаков,

С.А. Дмитриенко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2014. – №4. – С. 81-85.

10. **Навольнева, Е.В.** Влияние агротехнологических приёмов на физические свойства почвы / Е.В. Навольнева, А.А. Ореховская, А.Г. Ступаков, В.Д. Соловиченко // «Проблемы и перспективы инновационного развития агроинженерии энергоэффективности и ИТ-технологий». Материалы XVIII международной научно-производственной конференции. – Белгород: БелГАУ, 2014. – С. 18.

11. Ореховская, А.А. Засорённость посевов озимой пшеницы в зависимости от элементов технологии возделывания / А.А. Ореховская, **Е.В. Навольнева**, М.А. Куликова, В.Д. Соловиченко // «Проблемы и перспективы инновационного развития агроинженерии энергоэффективности и ИТ-технологий». Материалы XVIII международной научно-производственной конференции – 2014, Белгород – С. 20.

12. **Навольнева, Е.В.** Структурно-агрегатный состав и плотность почвы – одни из основных признаков плодородия почв / Е.В. Навольнева, А.Г. Ступаков // Биологизация земель в адаптивно-ландшафтной системе земледелия. Материалы Всероссийской научно-практической конференции БелНИИСХ. – Белгород: Отчий край, 2015. – С. 164-168.

13. Тютюнов, С.И. Научно обоснованное использование животноводческих отходов в качестве органических удобрений / С.И. Тютюнов, В.Д. Соловиченко, И.В. Логвинов, **Е.В. Навольнева** // «Биологизация земель в адаптивно-ландшафтной системе земледелия». Материалы Всероссийской научно-практической конференции БелНИИСХ – 2015, Белгород: Отчий край – С. 395-400.

14. Соловиченко, В.Д. Простое и расширенное воспроизведение плодородия почв и рост продуктивности с.-х. культур / В.Д. Соловиченко, В.В. Никитин, **Е.В. Навольнева** // «Биологизация земель в адаптивно-ландшафтной системе земледелия». Материалы Всероссийской научно-практической конференции БелНИИСХ. – Белгород: Отчий край, 2015. – С. 224-228.

15. Соловиченко, В.Д. Адаптивно-ландшафтная биологическая система земледелия – это основа повышения плодородия почв и роста продуктивности культур / В.Д. Соловиченко, **Е.В. Навольнева**, А.Г. Ступаков // «Селекция гибридов кукурузы для современного семеноводства». Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием БелНИИСХ – 2016, Белгород – С. 122-129.