

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени императора Петра I»

на правах рукописи

Корчагин Виктор Иванович



**ЭКОЛОГО – АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность 06.01.04 - агрохимия

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель – доктор
сельскохозяйственных наук,
профессор Мязин Н.Г.

Воронеж – 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава I ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
1.1 Влияние минеральных, органических удобрений и кальцийсодержащих мелиорантов на показатели почвенного плодородия	10
1.2 Влияние минеральных и органических удобрений на урожай и качество продукции основных сельскохозяйственных культур.....	30
Глава II ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	56
2.1 Агроклиматические и метеорологические условия	56
2.2 Почвенный покров Воронежской области	66
2.3 Методика исследований.....	73
Глава III МОНИТОРИНГ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ПЕРИОД С 1964 ПО 2010 Г.	79
3.1 Динамика содержания подвижного фосфора в зависимости от уровня применения удобрений в почвах пашни Воронежской области	80
3.2 Динамика содержания обменного калия в зависимости от уровня применения удобрений в почвах пашни Воронежской области	88
3.3 Динамика содержания органического вещества (гумуса) в зависимости от уровня применения удобрений в почвах пашни Воронежской области	95
3.4 Динамика и состояние кислотности в зависимости от уровня применения удобрений и мелиорантов в почвах пашни Воронежской области	101
3.5 Баланс элементов питания и гумуса в почвах пашни Воронежской области.....	105
Глава IV МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ	

ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ.....	113
Глава V ДИНАМИКА УРОЖАЙНОСТИ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ПЕРИОД С 1976 ПО 2010 г.....	132
5.1 Влияние уровня применения удобрений на урожайность озимой пшеницы в хозяйствах Воронежской области.....	132
5.2 Влияние уровня применения удобрений на урожайность сахарной свеклы в хозяйствах Воронежской области.....	138
5.3 Влияние уровня применения удобрений на урожайность кукурузы на силос в хозяйствах Воронежской области.....	144
5.4 Влияние уровня применения удобрений на урожайность подсолнечника в хозяйствах Воронежской области.....	149
Глава VI НЕТРАДИЦИОННЫЕ ВИДЫ УДОБРЕНИЙ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ	155
Глава VII ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ В СИСТЕМЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ.....	170
Глава VIII ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ.....	185
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	195
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	199
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	200
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	234

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Данные агрохимического, эколого-токсикологического и фитосанитарного мониторинга почв и посевов сельскохозяйственных культур, проведенного в последнее десятилетие агрохимической службой Министерства сельского хозяйства России, свидетельствуют о прогрессирующей деградации почвенного плодородия во многих регионах России, в том числе и в Воронежской области, что представляет угрозу экологической, продовольственной и национальной безопасности страны [82].

В этой связи для разработки мероприятий по поддержанию, повышению плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур, а также составления прогноза их изменений и управления на ближайшее время и на перспективу особое значение приобретает изучение закономерностей в динамике показателей плодородия почвы и урожайности основных культур области при многолетнем использовании удобрений в условиях региона.

Интенсификация сельского хозяйства в современных условиях невозможна без применения удобрений и высокопродуктивных сортов и гибридов. Однако в настоящее время неопровержимо доказано, что увлечение чрезмерно высокими дозами минеральных удобрений без достаточного научного обоснования может привести к целому комплексу негативных экологических последствий.

За последние годы накоплены многочисленные данные о положительном и отрицательном влиянии интенсивного применения удобрений и других химических средств на плодородие почв, урожай и качество продукции. Исследования и практика земледелия показывают, что нарушение научной технологии комплексного использования химических средств может привести к существенному негативному влиянию на природную среду, что отрицательно сказывается на здоровье человека и животных. Поэтому важнейшей задачей на современном этапе является комплексное изучение влияния минеральных

удобрений не только на плодородие и свойства почвы, урожай и качество продукции, но и в целом на окружающую человека природную среду [193].

Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур невозможно без широкого использования минеральных удобрений. Однако высокая стоимость ограничивает возможность их применения. В связи с этим актуальным становится использование дешевых местных сырьевых ресурсов, среди которых определенным интерес представляют глауконитовые пески, фосфориты и мелиоранты.

Новые высокопродуктивные сорта сельскохозяйственных культур, имеющие интенсивный обмен веществ, требуют достаточной обеспеченности всеми элементами питания, включая микроэлементы. Недостаток микроэлементов, несбалансированность их с макроэлементами являются причинами возникновения у растений функциональных заболеваний. Факторами, сдерживающими применение микроудобрений, являются недостаточная изученность физиологической роли отдельных элементов, отсутствие данных по обеспеченности почв подвижными формами микроэлементов.

Учитывая повышенную экологическую опасность применения микроудобрений, определение доз их внесения должно базироваться на результатах агрохимического обследования почв на содержание микроэлементов, которое до настоящего времени не было проведено в нашей области [272].

На сегодняшний день, как показывает практика, новые прогрессивные технологии, признанные и успешно применяемые во всем мире, еще не получили должного развития в России. Одной из таких ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве является «точное земледелие». В основе ее лежит управление продуктивностью посевов, учитывающее вариабельность среды обитания растений внутри поля, способствующее повышению плодородия почв и получению стабильных урожаев при минимальных затратах [35]. Актуальность данной проблемы в современном интенсивном земледелии неоспорима. Она связана, прежде всего, с тем, что применение минеральных удобрений без учета пестроты показателей плодородия почвы внут-

ри поля снижает их эффективность и приводит к дальнейшему увеличению variability почвенного плодородия. В одних случаях это ведет к недобору урожая, а в других – к ухудшению качества продукции и загрязнению окружающей среды, а в целом - к уменьшению окупаемости удобрений [27]. Поэтому анализ освоения и внедрения элементов точного (координатного) земледелия на территории Воронежской области весьма актуален.

Цель наших исследований - дать комплексную эколого-агрохимическую оценку влияния удобрений на изменение агрохимических показателей плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур в Воронежской области за период с 1964 по 2010 г. и провести анализ освоения и внедрения элементов точного земледелия на территории нашего региона. ***Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:***

- выявить закономерности изменения основных агрохимических показателей плодородия почв пахотных угодий по Воронежской области при длительном антропогенном воздействии;
- дать эколого-агрохимическую оценку содержания микроэлементов в почвах;
- определить зависимость урожайности основных сельскохозяйственных культур от уровня применения удобрений;
- установить влияние нетрадиционных видов удобрений на плодородие черноземов, урожай и качество сельскохозяйственных культур;
- провести сравнительную оценку традиционного и современного подхода к проведению агрохимического обследования полей;
- дать экономическую оценку применения удобрений по турам агрохимического обследования в Воронежской области.

Научная новизна работы. Впервые в Воронежской области дана комплексная оценка состояния плодородия почв по основным агрохимическим показателям, а также их микроэлементного состава. Установлена закономерность динамики урожайности основных сельскохозяйственных культур области в зависимости от уровня применения агрохимических средств. Опреде-

лена математическая зависимость формирования продуктивности основных сельскохозяйственных культур от доз удобрений, применяемых под эти культуры. Выявлены дополнительные резервы местных удобрительных средств, которые могут служить источником минерального питания для растений. Проведена сравнительная оценка традиционного и современного подходов к проведению агрохимического обследования полей.

Апробация работы и публикации

Основные положения и выводы работы вошли в авторские монографии «Дифференцированное внесение удобрений как основное направление точного земледелия», 2013 г. и «Врачеватели Воронежских черноземов», 2014 г.

Материалы диссертации докладывались и обсуждались на научной конференции «Совершенствование рекомендаций по внесению калийных удобрений» (г. Москва, 2012 г.), ежегодных практических семинарах-совещаниях Министерства сельского хозяйства (г. Москва, 2009 - 2016 гг.), пропагандировались автором на областных и районных агрономических совещаниях: р.п. Таловая, 2013 г.; г. Воронеж, 2013, 2014 гг.; с. Новая Усмань, 2014 г.; Лискинский район, с. Средний Икорец, 2016 г., на Всероссийском агрономическом совещании (г. Москва 2014 г.), на Всероссийском совещании, посвященном 50-летию создания агрохимической службы России (г. Брянск, 2014 г., г. Воронеж, 2014 г.), на международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.В. Докучаева и научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения профессора В.А. Федотова (ВГАУ, 2016 г.).

По материалам диссертации опубликовано 9 работ, в том числе три в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

На обсуждение специализированного Совета выносятся следующие основные положения:

1. Динамика плодородия почв и продуктивности основных сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня применения удобрений - основа для прогнозирования возможных их изменений и управления.

2. Низкая обеспеченность пахотных почв региона подвижными формами цинка, меди, марганца и кобальта как фактор, сдерживающий рост урожаев и качества продукции.

3. Местные сырьевые ресурсы (глауконитовые пески, фосфориты и мелиоранты) как дополнительный или резервный источник элементов минерального питания растений.

4. Внедрение точного земледелия позволит повысить окупаемость средств химизации, уменьшить непроизводительные потери элементов питания, увеличить урожайность, а также положительно влиять на плодородие почвы и экологическую обстановку в ней.

5. Экономическая оценка эффективности применения удобрений.

Достоверность результатов исследований подтверждается данными многолетних полевых агрохимических исследований и лабораторных анализов, выполненных по общепринятым методикам и подвергнутых математической обработке методом дисперсионного и регрессионного анализа.

Практическая значимость. Полученные результаты можно использовать для разработки мероприятий по поддержанию и повышению плодородия почв и урожайности основных сельскохозяйственных культур, а также составления краткосрочных и долгосрочных прогнозов их изменений. Доказана возможность использования в качестве дополнительных источников минерального питания для растений местных сырьевых ресурсов (глауконитовых песков, фосфоритов и мелиорантов). Обоснована необходимость внедрения точного земледелия в практику сельскохозяйственного производства, которое позволит повысить окупаемость средств химизации, уменьшить непроизводительные потери элементов питания, увеличить урожайность и предотвратить загрязнение окружающей среды.

Структура и объем работы

Диссертация изложена на 199 страницах компьютерного текста и состоит из введения, восьми глав, заключения, списка литературы и предложений производству. Включает 22 таблицы, 40 рисунков, 20 приложений. Спи-

сок литературы состоит из 330 наименований, в том числе 11 на иностранных языках.

Личный вклад автора

В работе использовались архивные материалы и данные статистических отчетов, полученные под руководством и с участием автора. Выполнена экспериментальная работа. Автором обобщены и систематизированы 46-летние данные агрохимических наблюдений и сделаны выводы.

Работа выполнена в ФГБУ, Государственный центр агрохимической службы «Воронежский» по программе проведения полевых опытов, рекомендованной ВНИПТИХИМ и ЦИНАО, утвержденной Всероссийским производственно-научным объединением по агрохимическому обслуживанию сельского хозяйства «Россельхозхимия».

Автор выражает искреннюю признательность коллективу ФГБУ Государственный центр агрохимической службы «Воронежский» и ФГБУ ЦАС «Таловская» за своевременное и качественное проведение полевых и камеральных работ по агрохимическому обследованию почв Воронежской области.

Глава I ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Влияние минеральных, органических удобрений и кальцийсодержащих мелиорантов на показатели почвенного плодородия

Ценность земли как основного средства сельскохозяйственного производства в конкретной хозяйственной инфраструктуре определяется ее плодородием – способностью удовлетворять потребность растений в питательных веществах, воздухе, воде, тепле, биологической и физико-химической среде и обеспечивать урожай сельскохозяйственных культурных растений при хорошем качестве продукции [161, 173].

На современном этапе земледелия главными задачами необходимо считать повышение плодородия, эффективное его использование, увеличение урожайности и качества производимой продукции на основе научно обоснованных систем земледелия [156].

Мировой наукой и практикой неопровержимо доказано, что решающая роль в сохранении, воспроизводстве почвенного плодородия, повышении продуктивности пашни, улучшении качества продукции принадлежит удобрениям. Однако все это может достигаться только при строгом научном обосновании норм, сроков, способов их внесения с учетом почвенного плодородия, биологических особенностей и климатических условий [204].

Следовательно, системе применения минеральных и органических удобрений, а также мелиорантов принадлежит главенствующая роль как в вопросах сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, так и поддержания высокой продуктивности земледелия и получения продукции хорошего качества [192].

Вопросы о влиянии длительного применения удобрений на показатели почвенного плодородия и продуктивность севооборотов в Центрально-Черноземном регионе изучены достаточно хорошо и отражены в работах ряда ученых [89, 123, 184, 188, 189].

К основным показателям почвенного плодородия, изменяющихся под действием средств химизации и агротехнических приемов, определение которых входит в программу мониторинга агрохимслужбы, относятся: содержание органического вещества, или гумуса, кислотность, содержание доступных элементов питания растений (подвижных форм фосфора и калия).

Гумус является важнейшим показателем, определяющим большинство свойств почв и в целом их плодородие. Органическое вещество в значительной степени определяет пищевой режим почв, являясь непосредственным источником элементов питания, а также определяет физико-химические свойства почвы, и в частности емкость обмена. От запасов гумуса в почве зависит урожайность сельскохозяйственных культур. В необрабатываемых почвах содержание гумуса находится в равновесном состоянии, при распашке и использовании их равновесие нарушается [42, 192, 203, 247].

К настоящему времени накоплено значительное количество данных, свидетельствующих о существенном снижении содержания гумуса в пахотных почвах [192]. Так, по данным научных учреждений ЦЧЗ, содержание гумуса – основного показателя плодородия черноземов - за последние 100 лет уменьшилось на 25 - 40 %, а ежегодные его потери из пахотного слоя достигают 0,6 - 0,9 т/га [13, 192, 278, 305, 311].

Для сравнения, в европейской части страны абсолютное снижение количества гумуса в почве за 20 - 50 лет использования составило в среднем от 0,6 (дерново-подзолистые почвы) до 3,6 % (типичные черноземы), или 18 – 36 % от его исходного содержания [192].

Снижение плодородия почв в результате их сельскохозяйственного использования особенно сильно проявляется на черноземах, где большой удельный вес в структуре посевных площадей занимают чистый пар и пропашные культуры (сахарная свекла, подсолнечник, кукуруза), широко распространенных в севооборотах хозяйств ЦЧР [69, 90, 231].

Черноземы являются наиболее распространенными почвами в областях Центрально-Черноземного района, где они занимают около 86 % пашни, из-

меняясь от 74 % в Курской области до 92 % в Тамбовской. В Липецкой, Курской и Тамбовской областях преобладают выщелоченные и оподзоленные черноземы, в Белгородской - типичные и выщелоченные, в Воронежской - типичные [266].

В настоящее время в Центрально-Черноземной зоне черноземы вместо 10 - 13 % (1960 г.) содержат всего 7 - 10 и даже 4 - 7 % гумуса. Содержание гумуса в черноземных почвах в зависимости от подтипа колеблется от 5,0 % в южных до 8,2 % в типичных черноземах. С запада на восток Центрально-Черноземного района наблюдается возрастание содержания гумуса в пахотном слое черноземов с 5,5 - 6,0 до 8,0 - 8,3 %. Значительно увеличились площади эродированных почв с содержанием гумуса 2 - 4 % и 0,5 - 1 %, которые 90 - 100 лет назад встречались лишь отдельными пятнами [154, 192].

Главными причинами уменьшения содержания гумуса в пахотных черноземах являются уменьшение поступления в почву свежего органического вещества и усиление минерализации гумуса (в результате интенсификации обработки почвы, увеличения площади пропашных культур и чистого пара). На склоновых землях дополнительным фактором потерь гумуса является эрозия [255].

В связи с этим возникает необходимость поиска путей сохранения и повышения содержания гумуса в черноземах и других почвах.

Традиционно одним из основных приемов обеспечения почв органическим веществом является применение органических удобрений [242].

Как показывает многолетний научный и практический опыт, важную положительную роль в системах удобрения играет навоз, который оказывает как прямое, так и пролонгированное влияние на агроценозы, стабилизируя их продуктивность, сохраняет почвенное плодородие [112, 162].

Объективную оценку влияния органических, а также минеральных удобрений на гумусовое состояние почв может дать только анализ литературных данных, полученных по результатам длительных стационарных опытов в различных почвенно-климатических зонах страны.

Так, в засушливых условиях Заволжья для бездефицитного баланса гумуса в семипольном зернопаровом севообороте без пропашных культур и многолетних трав необходимо ежегодное поступление органического вещества в почву в количестве не менее 7 - 8 т/га [212].

В почвенно-климатических условиях Республики Татарстан достижение положительного баланса гумуса возможно только при внесении органических удобрений по зонам в объемах 7,0 - 7,8 т/га пашни [303].

А в Белгородской области многолетними исследованиями установлено, что для поддержания бездефицитного баланса гумуса в зернопропашных севооборотах с 40 % пропашных культур необходимо вносить примерно 8 т/га подстилочного навоза [8].

По данным проектно-изыскательской станции агрохимической службы «Кабардино-Балкарская», для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в почвах необходимо ежегодно вносить не менее 9 - 10 т/га органического вещества [295].

В условиях Воронежской области систематическое внесение навоза в расчете 10 т/га в год (50 т/га 2 раза в год за ротацию севооборота) обеспечивало стабилизацию содержания гумуса [67].

В длительном полевом опыте на дерново-подзолистой почве при сравнении различных систем удобрений выявлено, что внесение навоза в дозах 30 и 40 т/га способствовало увеличению запасов гумуса в пахотном слое в 2003 г. на 3,0, в 2005 г. - на 7,5 т/га, в то время как в контроле наблюдалось снижение на 6,6 т/га по сравнению с 2003 г. [152].

В Ростовской области внесение навоза КРС в дозе 19,3 - 33,8 т/га, побочной продукции – в дозе 0,2 - 1,5 т/га при возделывании озимых культур и 0,6 - 3,9 т/га – яровых культур компенсирует потерю органического вещества в паровом поле в зависимости от способа обработки и степени ее эродированности [132].

По мнению других авторов, ежегодный дефицит гумуса необходимо покрывать за счет внесения более высоких доз навоза - 50 - 150 т/га [123, 199, 218].

Сведения о действии минеральных удобрений на содержание гумуса в почвах у многих авторов носят весьма противоречивый характер.

Одни ученые склоняются к тому, что применение одних минеральных удобрений приводит к стабилизации содержания гумуса, но в меньшей степени, чем при внесении навоза [153].

Исследованиями, проведенными на выщелоченном черноземе в специализированных севооборотах с сахарной свеклой, было установлено, что внесение только минеральных удобрений $N_{150}P_{150}K_{150}$ увеличивало поступление растительных остатков в пахотный слой, что позволило за первую и вторую ротацию уменьшить потери гумуса по сравнению с исходным содержанием на 5 %, но этого было недостаточно для поддержания положительного баланса [70].

Другие авторы придерживаются противоположного мнения.

Так, Т.А. Девятова с соавторами (2006) на основании многолетних опытов на черноземе выщелоченном пришли к заключению, что при внесении одних только минеральных удобрений в течение 20 - 60 лет стабилизации гумуса не наблюдалось, более того, его содержание уменьшилось на 12 – 30 % в зависимости от дозы удобрений [67].

Аналогичные результаты получены М.Н. Панасовым (2002), которые свидетельствуют о том, внесение лишь минеральных удобрений не обеспечивало в севообороте бездефицитного баланса гумуса в почве: наблюдалось небольшое его снижение – 0,05 - 0,09 % [212].

В литературных источниках отмечена высокая эффективность совместного внесения органо-минеральных систем удобрения.

Так, в полевых опытах на дерново-подзолистой почве установлена высокая эффективность органо-минеральных систем удобрения с использованием навоза, обеспечивающих воспроизводство гумуса в почвах, улучшение

фосфатного и калийного режимов, повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и севооборота в целом [157].

При внесении органо-минеральных удобрений происходит заметная активизация микрофлоры, участвующей в процессе синтеза гумуса, что положительно влияет на его содержание в почве [65].

При разовом внесении в чернозем типичный среднесмытый высоких доз навоза и торфа (60 - 120 т/га) в смеси с соломой 5 т/га при ежегодном применении минеральных удобрений наблюдалось увеличение содержания гумуса, лабильных гумусовых веществ, негумифицированного органического вещества [154].

В условиях Курской области на типичных черноземах в зернопропашном севообороте внесение 4 т/га навоза и $N_{40}P_{50}K_{50}$ в виде минеральных удобрений не предотвращало потерь гумуса. Уравновешенный баланс гумуса складывался лишь в случае применения более высоких доз навоза (8,5 - 9,5 т/га) в сочетании с минеральными удобрениями [134].

Исследования, проведенные Дедовым А.В. (2011) в условиях Воронежской области, показали, что совместное внесение минеральных удобрений и навоза не обеспечивало бездефицитного баланса гумуса в севооборотах с сахарной свеклой. Поэтому для получения в севооборотах с сахарной свеклой положительного баланса гумуса необходимо вносить более 10 т/га этого удобрения [70].

Таким образом, из вышеизложенного можно заключить, что применение минеральных и органических удобрений оказывает положительное влияние на содержание гумуса в почве, но больше всего на эту величину оказывают действие органо-минеральные системы удобрения с использованием навоза.

Наряду с важной ролью, отведенной гумусу в почвенном плодородии, следующим существенным фактором является кислотность, которая лимитирует получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Многочисленными исследованиями установлено, что кислая реакция почвенной среды – одна из главных причин низких урожаев сельскохозяйственных культур, массовой гибели зерновых и многолетних трав при перезимовке, низкого содержания белка в зерне и кормах, недостаточной эффективности минеральных удобрений. При кислой реакции среды в почве подавляется деятельность полезных микроорганизмов, увеличивается подвижность алюминия и марганца, которые оказывают токсическое действие на растения, плохо развиваются аммонифицирующие и нитрифицирующие микробы, одновременно хорошо развиваются формы грибов, которые выделяют ядовитые вещества для растений [9, 95, 192, 306 и многие другие].

Кислотные дожди, поднятие уровня грунтовых вод, несбалансированное применение удобрений, прекращение мелиоративных работ привели к деградации черноземов, отторжению кальция из почвенно-поглощающего комплекса, ухудшению водно-физических свойств, а следовательно, к росту площадей кислых почв [205].

Так, по данным В.И. Корчагина, Ю.А. Кошелева, Н.Г. Мязина (2011), к концу 8-го тура агрохимического обследования на 01.01.2011 года в Воронежской области таких почв насчитывалось 576,4 тыс. га, или 29,2 % площади пашни, при этом тенденция к увеличению их относительной доли в структуре почвенного плодородия сохраняется [118].

Длительное сельскохозяйственное использование черноземных почв значительно видоизменяет их первоначальные свойства, усиливая или ослабляя почвенные процессы, приводит к уменьшению содержания обменно-поглощенного кальция, снижает степень насыщенности основаниями и повышает кислотность почв [13].

Анализ 25-летней динамики состояния почвенно-поглощающего комплекса пахотных черноземов ЦЧР подтвердил наличие тенденций снижения содержания поглощенных оснований и степени насыщенности основаниями у черноземов лесостепных подтипов. Установлено значительное подкисление черноземов лесостепи ЦЧР – снижение рН в верхних горизонтах.

Более значительное подкисление почвенной среды отмечается в оподзоленных и выщелоченных черноземах. Типичные черноземы проявляют большую устойчивость к изменению рН. В то же время в степных черноземах – обыкновенных и южных, в противоположность лесостепным, выражено подщелачивание, связанное с близостью залегания к поверхности карбонатных горизонтов и особенностью миграционных процессов [66].

Одним из главных элементов, способных противостоять подкислению, является кальций. Не случайно академик Н.Н. Соколовский назвал кальций в карбонатной форме «стражем почвенного плодородия» [10, 172, 192].

Несмотря на то что черноземные почвы обладают высокой буферностью, которая в основном определяется величиной емкости поглощения и степенью насыщенности почвы основаниями (кальцием и магнием до 80 – 93 %), интенсификация земледелия резко усилила направленность почвенных процессов в черноземах в сторону подкисления путем отчуждения кальция из пахотного слоя с урожаем сельскохозяйственных культур, вымыванием его из почвы, внесения физиологически кислых удобрений [2, 254, 307, 320, 323].

Увеличение потерь кальция из почвы и, как следствие, ее подкисление в условиях систематического применения минеральных удобрений отмечено в ряде работ, проведенных на почвах ЦЧЗ [116, 208, 214].

Однако исследования, проведенные в НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева на черноземе обыкновенном, показали, что внесение минеральных удобрений, наоборот, приостанавливало процесс снижения содержания обменного Са [247].

Что касается органических удобрений, то большинство авторов на основании своих исследований, проведенных на опытных полях ВГАУ, склоняются к тому, что раздельное или совместное их внесение с минеральными удобрениями оказывает несущественное действие на показатели почвенной кислотности [184, 186, 269].

Известно, что большинство сельскохозяйственных культур нормально растут и развиваются при нейтральной или близкой к нейтральной реакции

среды. Повышенная кислотность отрицательно воздействует на рост и развитие растений. Следовательно, устранение ее путем внесения извести - один из приемов повышения плодородия почв и увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур [192].

Известь оказывает многостороннее положительное действие на почву: нейтрализует органические кислоты, вытесняет ионы водорода из почвенно-поглощающего комплекса, что приводит к снижению гидролитической и устранению обменной кислотности. При этом улучшается катионный состав почвенно-поглощающего комплекса вследствие замены ионов водорода и алюминия на катионы кальция и магния, что повышает степень насыщенности почв основаниями и емкость поглощения [205].

В качестве известковых удобрений рекомендуется использовать дефекат, молотый мел, молотый мергель [74].

Воронежская область располагает большим запасом местных мелиорантов: фильтрационный осадок (дефекат) сахарных заводов, содержащий 34 – 82 % CaCO_3 ; известково-доломитовая мука ЗАО «Дортехстройматериалы», известь и молотый мел ТОО «Белогорье», содержащий до 98 % CaCO_3 и MgCO_3 ; фосфоритная мука с содержанием мелиорирующего вещества до 10 % и фосфора – до 15 – 20 % [205].

Наиболее дешевым и перспективным мелиорантом в нашей области считается дефекат. Причем об эффективности известкования дефекатом свидетельствуют данные, полученные в ходе многочисленных исследований на опытных полях ВГАУ [106, 184, 191, 269], а также результаты полевого опыта на Воронежской опытной станции (Хохольский район) [119].

Производственные испытания по химической мелиорации кислых почв, проведенные агрохимслужбой в 90-е годы прошлого столетия на почвах легкого механического состава в АОЗТ «Промкор» Рамонского и черноземах выщелоченных тяжелого механического состава СХА «Октябрьская революция» Семилукского районов, также показали высокую эффективность дефеката. Изменение рН в первые два года отмечено на 0,5 единицы, в по-

следующие два-три года – на 1,0 - 1,5, причем на почвах легкого механического состава снижение кислотности происходило более быстро, чем на тяжелых почвах, но потребность в поддерживающем известковании проявилась раньше на легких почвах.

Однако современное состояние известкования, а точнее его отсутствие, способствует росту площадей кислых почв, ухудшению структуры, недополучению значительного количества продукции. Поэтому для стабилизации почвенного плодородия, приостановки процесса деградации, т.е. возрождения механизмов устойчивости воронежских черноземов, необходимо возобновить в области химическую мелиорацию почв [205].

Особое внимание обращает на себя высокая эффективность известкования в улучшении питательного режима почв.

В литературе вопрос о влиянии известкования на фосфатный режим почв носит весьма противоречивый характер.

Одни авторы считают, что под действием извести у некоторых черноземных почв может снижаться доступность фосфора для растений [91, 207].

Другие ученые, наоборот, указывают на улучшение фосфатного режима при известковании [3, 92, 103]. При этом они отмечают, что процесс этот длительный и происходит постепенно; повышенные дозы извести увеличивают количество усвояемой фосфорной кислоты [26].

Ряд зарубежных авторов также придерживаются мнения о положительном влиянии извести на усвоение фосфора из почв и удобрений [322, 325, 328, 330].

Известкование оказывает сложное влияние и на калийное питание растений [26].

Имеется ряд работ, указывающих на ухудшение калийного питания растений при известковании. Это происходит за счет того, что на известкованной почве с ростом урожая растет и вынос из почвы калия [23], а также по причине фиксации калия из вносимых удобрений [243, 326].

В литературе ученые отмечают повышение эффективности калийных удобрений при известковании и объясняют это двумя причинами: первая и главная, что при известковании резко возрастают урожаи и соответственно растёт потребление растениями калия, поступление которого в них идет более интенсивными темпами, чем фосфора; вторая причина заключается в том, что внесение в почву кальция изменяет степень подвижности и доступности растениям калия почвенных запасов, между калием и кальцием в той или иной степени проявляется антагонизм. Отсюда возникает потребность в дополнительном внесении калия на почвах с реакцией, близкой к нейтральной [26, 47, 171, 233].

Таким образом, из вышесказанного напрашивается следующий вывод: известкование кислых и слабокислых почв ЦЧЗ оказывает многостороннее положительное действие: с одной стороны, улучшает физико-химические свойства почвы, т.е. устраняет избыточную кислотность, а с другой стороны, положительно влияет на питательный режим почвы.

Основным критерием плодородия почв для регулирования их фосфатного и калийного режимов является содержание в них подвижных форм фосфора и калия. Изучение питательного режима почв ЦЧЗ и определение в них основных показателей, характеризующих обеспеченность сельскохозяйственных растений, всегда входит в программу мониторинга агрохимслужбы [146].

Регулирование фосфатного и калийного режимов считается одним из основных способов повышения производительной способности почв и урожайности сельскохозяйственных культур [26]. Этот факт подтвержден в ходе многочисленных наблюдений на опытных полях ВГАУ [124, 188, 189, 221].

Роль фосфора в плодородии почв, питании растений и создании качественного урожая определяется в первую очередь его участием в таких процессах, как фотосинтез, образование ядер и деление клеток, накопление сахара и крахмала, жиров и белков, специализация клеток и передача наследственности [15, 26, 127, 172].

Установлено, что одним из главных лимитирующих факторов в получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур в большинстве регионов мира является низкий уровень естественного плодородия почв. При этом большинство ученых считают фосфатный уровень почв характерным признаком их плодородия, а его повышение – показателем роста их окультуренности [26].

В работах П.Г. Адерикина (1970), Л.М. Державина (1982), Л.П. Поповича (1992) показано, что обеспеченность растений фосфором зависит от его подвижных форм. Значительная доля запасов фосфора в почвах (от 30 до 85 %) представлена соединениями, недоступными для растений, и лишь 10 – 20 % доступными [15, 73, 228].

По данным Н.З. Милащенко (1998) в ЦЧЗ более половины пахотных земель имеют среднее содержание подвижного фосфора [167].

Так, в Воронежской области по завершении шестого тура (1995 – 2000 гг.) агрохимического обследования почв сельхозугодий установлено, что вследствие сокращения объемов внесения удобрений в 6 - 10 раз во всех районах области отмечено уменьшение содержания фосфора на 11 - 26 мг/кг почвы, а средневзвешенные показатели снизились со 108 до 94 мг/кг [205].

В этой связи особое значение приобретает поиск путей регулирования и создания в почвах оптимального фосфорного питания, который обеспечивает формирование высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур [57, 98, 129].

Целенаправленное регулирование фосфатного режима почв осуществляется разными путями: воздействием агротехнических и мелиоративных приемов на запасы природных соединений фосфора в почвах с целью повышения их подвижности и усвояемости; применением различного рода химических веществ, в том числе отходов производства, ускоряющих процессы десорбции фосфора из труднорастворимых соединений, и, наконец, самым важным и быстродействующим - внесением фосфора с минеральными и органическими удобрениями [26].

Рассмотрим наиболее распространенный и доступный фактор регулирования фосфатного режима почв - с помощью удобрений.

Наиболее объективную информацию о степени действия удобрений на продуктивность культур и показатели почвенного плодородия можно получить только при обобщении результатов длительных полевых опытов [310].

Так, исследования, проведенные В.Д. Соловиченко (2007) на базе Белгородского НИИСХ, показали, что за две ротации севооборота без применения удобрений количество подвижного фосфора в получаемом слое почвы уменьшилось на 13 - 24 мг/кг почвы. А при внесении полного минерального удобрения NPK по 90 кг д.в. содержание доступного фосфора выравнивается [265].

Аналогичные результаты получены Е.П. Шустиковой, Н.Н. Шаповаловой, Е.В. Боготыревой (2012), которые в своих работах отметили, что максимальная продуктивность зернопаропропашного севооборота на черноземе обыкновенном достигается за счет внесения полного минерального удобрения. Так, в среднем за пять ротаций севооборота каждые 10 кг P_2O_5 способствовали увеличению содержания подвижных фосфатов в пахотном слое на 0,18 - 0,30 мг/кг почвы [310].

Систематическое применение фосфорных удобрений на южных черноземах степной зоны Поволжья и регулярное орошение темно-каштановых почв также способствуют улучшению фосфатного режима [234].

Известно, что фосфорные соединения в почве малоподвижны и поэтому даже в течение нескольких лет после внесения удобрений не могут быть полностью использованы корневой системой растений [17, 302]. В связи с этим ряд ученых указывают на то, что в почве накапливается определенный запас остаточного фосфора [136, 298].

В настоящее время считается установленным, что только 15 – 20 % фосфора, содержащегося во вносимых фосфорных удобрениях, потребляется урожаем на протяжении первого года после применения, а 80 – 85 % остается в почве и реагирует с почвенными компонентами. Низкая усвояемость расте-

ниями фосфора минеральных удобрений объясняется высокой способностью окислов Ca, Fe, Al и других элементов, а также коллоидальных глин не только связывать ионы фосфора, но и прочно их удерживать [15, 59, 60, 321, 324].

Исследованиями В.Д. Цыганюк (1990) установлено, что в течение года до 40 % внесенного фосфора переходит в недоступные, малоподвижные соединения – ретроградируют [298].

Следовательно, для определения норм фосфорных удобрений необходимо учитывать не только использование фосфора в год внесения, но и последствие.

По данным многих опытов на дерново-подзолистых почвах при внесении по 40 - 60 кг P_2O_5 на гектар на фоне $N_{40-60} K_{40-60}$ из фосфорных удобрений в первый год используется только около 20 – 25 %, а за 2 - 3 года примерно 40 % P_2O_5 [87, 130, 137].

Другие исследования, проведенные Ю.А. Кошелевым (2009) на черноземе выщелоченном лесостепи ЦЧЗ, также подтверждают пролонгирующее действие минеральных удобрений. Так, при разовом внесении в пар повышенных норм минеральных удобрений, рассчитанных по системе КАХОП, на третий год по завершении звена севооборота отмечено максимальное повышение подвижного фосфора на варианте с внесением минеральных удобрений в дозах $P_{395} K_{330}$ и составило 27 мг/кг по отношению к периоду закладки опыта и 29 мг/кг - по отношению к контролю [123].

Одним из важных источников фосфора для растений служит гумус, в процессе минерализации которого высвобождаются доступные растениям фосфаты. В органическом веществе почв содержится до 5 % азота и 2,5 % P_2O_5 . Органическое вещество почвы образуется от внесения органических удобрений и оставленной на полях непродовольственной части урожая [24].

В длительных стационарных опытах (1991-2008 гг.) на черноземе выщелоченном южной лесостепи Западной Сибири установлено, что систематическое внесение минеральных и органических удобрений (навоза, соломы)

способствовало существенному увеличению запасов подвижного фосфора в почве. Так, при использовании навоза КРС в дозе 10 т/га севооборотной площади в почву ежегодно поступало не менее 25 кг P_2O_5 на гектар. Применение навоза увеличивало содержание подвижного фосфора в почве после 2-й ротации севооборота на 20 % по сравнению с исходным содержанием [57].

Совместное же внесение минеральных и органических удобрений в севообороте может создавать более высокие уровни фосфорного питания, обеспечивающие максимальную продуктивность агрофитоценозов, а также параллельно улучшать агрохимические свойства почвы [20, 57, 187, 228].

Таким образом, анализ экспериментальных материалов и выводы различных исследователей свидетельствуют, что оптимизация фосфорного режима должна иметь системный характер с учетом природно-климатических условий, почвенных факторов и быть основана на рациональном применении удобрений [26, 57, 174].

Второй по значимости после фосфора элементом, определяющим получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, является калий.

Калий – необходимый и незаменимый в питании растений элемент, без него, как и без азота, и фосфора, невозможно нормальное развитие сельскохозяйственных культур. Содержание калия в растениях превосходит его количество в почвенном растворе, что объясняется избирательным поглощением элемента растением. В земной коре на долю калия, по данным А.П. Виноградова, приходится 2,5 %. Он находится в основных, осадочных, смешанных породах - 1,36 % [206].

По данным В.Г. Минеева (1999; 2004), калий находится в почве в пяти основных формах: калий почвенных минералов, в том числе алюмосиликатов; обменно-поглощенный; водорастворимый; калий, входящий в состав микробных клеток и органических остатков; необменно-поглощенный (фиксированный) [171, 173].

До настоящего времени основной (а в подавляющем большинстве случаев и единственной) формой калия, на основании содержания которой судят об обеспеченности почв этим элементом, является обменная [286].

В Центральном Черноземье материнские породы в большинстве своем богаты калием. На их основе сформировались почвы с повышенным и высоким содержанием обменного калия, которые занимают в зоне 78 %.

Воронежская область, расположенная в лесостепной и степной зонах, представлена черноземами выщелоченными, типичными, частично оподзоленными, а на юге – обыкновенными, карбонатными и южными. По данным И.Г. Важенина (1975), содержание обменного калия в среднем составляет для черноземов – 1,5 – 2 % от валового [206].

Невольно возникает вопрос: нужно ли на этих почвах применять калийные удобрения, в каких дозах и сочетаниях? Информация об эффективности калийных удобрений на черноземах весьма ограничена и противоречива.

Одни авторы считают, что достаточно стабильное содержание подвижного калия в почвах при низком уровне химизации не является основанием для отказа от использования калийных удобрений на черноземах. Калийные удобрения необходимо в первую очередь вносить под культуры, выносящие много калия с урожаем, для обеспечения сбалансированного минерального питания [94].

Другие ученые полагают, что систематическое внесение калийных удобрений на черноземах не приводит к существенному увеличению содержания подвижных форм калия. Это связано с высокой насыщенностью поглощающего комплекса черноземов двухвалентными основаниями, препятствующими поглощению калия [173, 286].

Кроме того, по мнению В.Г. Минеева (1999), при низкой обеспеченности почвы усвояемым азотом, что характерно для типичных черноземов и темно – серых лесных почв, потребность растений в калии может удовлетворяться за счет мобилизации его почвенных запасов [171].

Однако несмотря на то, что большинство черноземных почв имеют очень большие валовые запасы калия (2,1 - 2,5 %), недооценка объективной информации о состоянии калийного режима в условиях дефицитного баланса элемента может привести к искажению происходящих в почве процессов и вызвать такие неблагоприятные явления, как увеличение калийфиксирующей способности и снижение доступности обменного калия для растений [197].

Поэтому проблема калия в настоящее время стоит особенно остро практически во всех земледельческих зонах нашей страны.

В своих работах В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин (2000) отмечают: «В современных практических условиях, к сожалению, при огромном дефиците баланса калия в почве мы унаследуем повышенную фиксирующую способность почв, и в ряде случаев возникает необходимость существенного повышения доз удобрений для создания достаточного уровня калийного питания растений» [232].

Наблюдениями Б.С. Носко, В.И. Бабынина, (1995); Т.Н. Будихера (1996); И.И. Филона, И.А. Шеларь (1999) на черноземных почвах установлена положительная роль длительного внесения калийных удобрений в повышенных и высоких дозах, которые приводят к достоверному повышению калия в пахотном слое почв [45, 200, 291].

Сложившаяся в последнее время ситуация, характеризующаяся резким спадом применения калийных удобрений, привела во всех зонах России за последние годы к дефициту баланса калия в земледелии.

Так, состояние баланса питательных элементов в земледелии европейской части России, обстоятельно представленное В.Г. Сычевым (2000) по пяти периодам обследования почв пашни в системе агрохимслужб, свидетельствует о серьезном ухудшении калийного режима в земледелии европейской части нашей страны [279].

Однако данные последних туров агрохимического обследования в различных областях ЦЧР свидетельствуют об обратном. Например, в своих работах В.И. Корчагин, С.В. Лукин, Ю.И. Сискевич, А.Н. Хижняков, Н.П.

Юмашев (2011), проанализировав материалы сплошного агрохимического обследования пахотных почв, проводимого агрохимической службой в Воронежской, Белгородской, Липецкой, Курской и Тамбовской областях, пришли к выводу: по результатам последних циклов агрохимического обследования зафиксировано увеличение поступления этого элемента в пахотные почвы. Основное количество калия вносилось с минеральными удобрениями, однако в конце девяностых годов прошлого века главным источником его поступления в агроландшафты стали органические удобрения [94].

Таким образом, вышесказанное свидетельствует о достаточно стабильном содержании подвижных форм калия в пахотных почвах ЦЧО на современном этапе их использования. Тем не менее для стабилизации калийного режима черноземов и обеспечения сбалансированного минерального питания сельскохозяйственных растений необходимо увеличить поступление этого элемента в агроландшафты до уровня, обеспечивающего интенсивность баланса не менее 80 % [94].

Положительный баланс питательных элементов в системе почва-растение - важнейшее условие увеличения продуктивности и улучшения качества растениеводческой продукции. На основании изучения баланса питательных веществ можно целенаправленно регулировать плодородие почв и питание растений, одновременно снижая загрязнение продукции растениеводства и окружающей среды [261].

Данные, представленные А.П. Щербаковым, И.Д. Рудай (1983), свидетельствуют о том, что баланс элементов питания в ЦЧЗ складывался отрицательный [312].

Однако в период с 1986 по 1990 год, когда в нашей стране наблюдался пик максимального поступления минеральных и органических удобрений в почвы, во многих регионах сложился положительный баланс питательных веществ [78].

Несмотря на это с 1991 года началось резкое снижение применения как минеральных, так и органических удобрений. Все это определенным образом

отразилось на балансе элементов питания в земледелии, во многих областях он стал складываться с дефицитом.

На это указывают данные, представленные центрами агрохимической службы «Липецкий», «Белгородский» и «Тверской» [4, 261, 293], а также результаты наблюдений Донского госагроуниверситета и ЗАО «Ростовсельхозхимия» [280].

Так, по данным Центра агрохимической службы «Тверской», с 1991 года баланс всех элементов питания складывался отрицательный. В последующие годы вплоть до настоящего времени в почвах области сохраняется отрицательный баланс, наибольшие величины дефицита отмечены для азота. Формирование урожая происходило в основном за счет запасов элементов питания в почве. Причем по районам баланс колеблется весьма значительно: от - 21,6 до - 53,5 кг/га. Отрицательный баланс питательных веществ в земледелии неизбежно ведет к дальнейшему истощению почвы и снижению урожайности сельскохозяйственных культур в 2 - 3 раза [293].

Наблюдения В.А. Квасова с соавторами (1998) за период времени с 1971 по 1996 г. показали, что в Липецкой области складывался отрицательный баланс по калию. В целом среднее содержание обменного калия уменьшилось со 102 до 97 мг/кг. Несмотря на положительный баланс азота в области, содержание гумуса в почвах за этот период уменьшилось с 6,1 до 5,7 %, поэтому особое внимание следует уделять органическим удобрениям и приемам, способствующим увеличению содержания гумуса [261].

Бездефицитный баланс фосфора в Белгородской области сложился во II цикле агрохимического обследования. С 1976 по 1993 год баланс был положительным, причем в IV (1984-1989 гг.) и V (1990-1994 гг.) циклах обследования среднегодовое поступление фосфора в почву соответственно в 2 и 1,5 раза превышало вынос этого элемента с урожаем и потери в результате эрозии. В VI (1995-1999 гг.) цикле поступление фосфора в почву с удобрениями сократилось в 3 раза, а вынос с урожаем уменьшился примерно в 1,5 раза. В

результате баланс фосфора стал отрицательным и величина интенсивности баланса составила 80 %.

Баланс калия в земледелии области всегда был отрицательный. Даже в годы наиболее высокого поступления калия в почву (IV цикл) интенсивность баланса не превышала 80 %, а в VI цикле она снизилась до 20 % [4].

Данные, представленные Е.В. Агафоновым с соавторами (2002), свидетельствуют о том, что в 1991 г. вынос фосфора сельхозкультурами полностью компенсировался за счет удобрений, и баланс был положительным. За счет почвенных запасов удовлетворялось 39,0 % потребности в азоте и 60,8 % - в калии, остальное – за счет удобрений. По калию такое соотношение статей баланса отчасти оправдывалось его содержанием в основных типах почв области .

В 1999 году даже относительно невысокая потребность в элементах питания на 79,1 - 92,0 % (в среднем на 87 %) удовлетворялась за счет почвы. Следовательно, идет катастрофическое истощение почв области по всем макроэлементам [280].

Таким образом, создание бездефицитного баланса элементов питания в земледелии любого региона неразрывно связано с применением минеральных и органических удобрений.

Анализируя вышесказанное, можно отметить, что Воронежская область представлена в основном черноземами, которые обладают высокой буферной способностью и могут длительное время сохранять свои агрохимические свойства, а также накопленный потенциал плодородия.

И тем не менее, весь имеющийся в агрохимии опыт свидетельствует о том, что длительное ведение земледелия при резко отрицательном балансе элементов питания и органического вещества в конечном итоге приведет к деградации почв. Поэтому не вызывает сомнения тот факт, что в перспективе прогрессивное развитие области и России в целом должно быть связано с увеличением использования минеральных и органических удобрений, а также мелиорантов [8].

1.2 Влияние минеральных и органических удобрений на урожай и качество продукции основных сельскохозяйственных культур

Основные факторы, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур, – плодородие почв, погодные условия и уровень применения удобрений. В экстенсивном земледелии величина урожайности сельскохозяйственных культур на 40 % определяется естественным плодородием, на 20 % погодными условиями и на 10 % уровнем использования удобрений.

В интенсивном земледелии вклад факторов в формирование урожая кардинально меняется. Лишь 10 % урожая формируется за счет естественного плодородия почв и 10 % - за счет погодных условий. Вместе с тем величина урожая на 30 % зависит от уровня применения удобрений [133].

Количественная оценка вклада этих факторов на региональном уровне позволит повысить точность прогноза урожайности основных сельскохозяйственных культур, что крайне важно для стабильного развития агропромышленного комплекса. Поэтому данная проблема актуальна для многих областей России, в частности для Воронежской области.

Рассмотрим влияние удобрений на урожай и качество основных зерновых, пропашных и кормовых культур.

Озимая пшеница – одна из ведущих зерновых культур в земледелии ЦЧЗ. Применение минеральных и органических удобрений является одним из важнейших элементов в технологии ее возделывания, обеспечивающим повышение урожайности и качества зерна.

Озимая пшеница исключительно отзывчива на внесение минеральных удобрений. Ее справедливо называют растением культурного земледелия – она дает высокие и устойчивые урожаи только при высоком уровне агротехники. Снижение интенсивности роста растений озимой пшеницы часто связано с недостаточным содержанием элементов минерального питания – азота, фосфора и калия [62].

Она требовательнее других зерновых культур к наличию в почве питательных веществ в усвояемой форме. Роль отдельных элементов питания в формировании урожая озимой пшеницы и показателей его качества неодинакова [192].

Для роста, развития и формирования урожая озимой пшеницы исключительно важен азот. Он входит в состав простых и сложных белков, аминокислот, нуклеиновых кислот, хлорофилла, фосфатидов, алкалоидов, некоторых витаминов, ферментов и других органических соединений клеток. Как недостаток, так и избыток азота в питательной среде отрицательно сказываются на росте отдельных органов растений озимой пшеницы, что в конечном итоге приводит к недобору урожая [177, 192, 260].

Озимую пшеницу высевают преимущественно на черноземах и каштановых почвах, общие запасы азота в пахотном слое которых составляют 0,4 - 0,8 % массы. Однако даже на этих почвах озимая пшеница нередко испытывает недостаток азота, и внесение азотных удобрений является весьма эффективным приемом [192].

Так, в своих работах В.И. Бровкин (1999), А.В. Смык (2000), А.Ю. Айдиев с соавторами (2006) установили, что на черноземных почвах достоверное повышение урожайности и качества зерна озимой пшеницы обеспечили азотные удобрения. Опытным путем доказан оптимальный уровень азотного питания озимой пшеницы, который составил N_{60-90} , при этом прибавки урожая зерна колебались от 4,1 до 7,4 ц/га [19, 44, 258].

Следует отметить, что, по данным А.В. Смык (2000), в условиях ЦЧЗ удвоение дозы общего азота до N_{140} позволило получить прибавку до 8,5 ц/га, дальнейшее же повышение доз азота не приводило к значительному росту урожая зерна. Применение азотных удобрений повышало содержание в зерне клейковины на 5,8 - 6,8 % в первой ротации севооборота, на 2,2 - 6,4 % - во второй и 2,4 - 3,9 % - в третьей по сравнению с неудобренным контролем [258].

Другие исследования, проведенные на светло-каштановой почве, также выявили положительную эффективность внесения азота в дозе N_{30} в корневую подкормку, которая повышала урожай сорта Одесская 51 на 3,0 ц/га по сравнению с контролем. Некорневая подкормка азотом в дозе N_{30} увеличивала содержание белка в зерне на 1,5 - 2,1 % относительно контроля и на 0,8 - 0,9 % - по сравнению с фоном $N_{30}P_{60}$ [72].

Отмечена высокая отзывчивость азотных удобрений в условиях Центрального района Нечерноземной зоны на дерново-подзолистых почвах, где внесение азотных удобрений в дозе N_{60-90} дает высокие прибавки урожайности озимой пшеницы - на уровне 4 - 6 т/га [50, 139].

Ученые отмечают у озимой пшеницы два периода усиленного потребления азота: в начале роста и во время налива зерна. В первом случае, если растения не получают достаточного количества азота, это приводит к недобору урожая, а во втором - к заметному ухудшению качества зерна [192, 253]. Это послужило основанием для дробного внесения азотных удобрений при интенсивной технологии возделывании озимой пшеницы (до посева в зависимости от предшественника и в подкормку в течение вегетации [1, 48, 192].

Следовательно, озимая пшеница хорошо отзывается на внесение азотных удобрений на всех типах почв. Однако лучшее их действие на урожай и качество зерна озимой пшеницы проявляется все же на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, которые отличаются низким естественным плодородием и где осадки не являются лимитирующим фактором.

При возрастании континентальности климата эффективность азотных удобрений снижается и повышается роль фосфора.

Фосфор имеет не меньшее значение в жизни растений озимой пшеницы. Кроме важнейшей роли в синтезе, росте, размножении и передаче наследственности, с обеспеченностью растений фосфором связаны многие физиолого-биохимические процессы, проходящие в организме: устойчивость к полеганию, морозостойкость, засухоустойчивость, продолжительность веге-

тации. Хорошая обеспеченность растений озимой пшеницы фосфором усиливает рост корневой системы [61, 192, 284].

Фосфорные удобрения в дерново-подзолистой зоне хорошо действуют при правильном сочетании их с азотными и калийными удобрениями. На серых и темно-серых лесных почвах действие фосфора ослабевает, так как в них довольно высокое содержание растворимых фосфатов и вместе с тем дефицит минерального азота [192].

Однако исследования А.А. Тихонова (2010), проведенные в условиях полевого опыта в ПХ «Пушкинское» на темно-серых лесных почвах, свидетельствуют о том, что применение фосфорсодержащих удобрений при посеве озимой пшеницы даже на почве с очень высокой обеспеченностью этим элементом (256 мг/кг) оказывает положительное влияние на урожайность культуры. Максимальный эффект получен от применения диаммофоски – прибавка урожая зерна составила 14,8 ц/га. При незначительном влиянии на общее количество клейковины изучаемые удобрения повысили ее качество, снизив показатель ИДК на 5 - 20 ед. по сравнению с контролем [284].

Высокая эффективность фосфорных удобрений в сочетании с азотными и калийными наблюдается в лесостепных и степных районах недостаточного увлажнения на обыкновенных, южных и карбонатных черноземах, которые отличаются низким содержанием доступных фосфатов [19, 37, 249].

Роль *калия* в жизни растений многообразна. Он способствует нормальному ходу фотосинтеза, накоплению жиров, перемещению в растениях углеводов, повышает устойчивость растений к полеганию, а также морозостойкость и засухоустойчивость [175, 192].

Озимая пшеница потребляет калий из почвы от прорастания до цветения, наиболее интенсивно в фазах выхода в трубку и колошения.

Калийные удобрения эффективнее всего на легких и осушенных торфяно-болотных почвах. Слабо отзывается озимая пшеница на калийные удобрения на обыкновенных и южных черноземах. Но так как калий способ-

ствуется повышению зимостойкости, калийные удобрения в небольших дозах нужно вносить во всех зонах России [19, 44, 192].

Исследования научных учреждений и практика применения удобрений свидетельствуют, что наилучшие результаты получаются при внесении полного минерального удобрения, определенного с учетом зональных особенностей почв, их эффективного плодородия, климатических условий и биологических особенностей возделывания озимой пшеницы [62].

На основании обобщения результатов полевых опытов с удобрениями, проведенных станциями химизации сельского хозяйства РФ на разных типах почв при возделывании озимой пшеницы (всего 151 опыт), показана эффективность полного минерального удобрения. Максимальные прибавки урожая зерна озимой пшеницы от NPK были получены при возделывании ее на серых лесных почвах, черноземах - выщелоченном, оподзоленном и обыкновенном (37 - 49 %), заметно ниже на черноземе южном (21 - 27 %), предкавказском (22 - 28 %), типичном (18 %) и каштановых почвах (19 %) [240].

В литературе хорошо освещен вопрос закономерности формирования урожая и качества зерна озимой пшеницы в зависимости от доз внесения минеральных удобрений.

Исследования, проведенные на черноземе типичном в учхозе «Березовское» Рамонского района Воронежской области, показали, что наибольшие урожайность, содержание белка в зерне и сбор белка, а также сохранность посевов озимой пшеницы за шесть лет исследований были получены на варианте с внесением осенью полного минерального удобрения в дозах $N_{120-130}P_{60-150}K_{60-75}$ [140, 141].

В опытах, проведенных на черноземе выщелоченном опытной станции ВГАУ с озимой пшеницей сорта Дон 93, ученые установили, что систематическое внесение удобрений способствовало увеличению урожайности и качества зерна озимой пшеницы. Наибольшие прибавки - 0,59 и 1,22 т/га получены при внесении полуторной ($P_{90}K_{90} + N_{30}$ до посева + N_{30} рано весной + N_{30} колошение) и двойной дозы NPK ($P_{120}K_{120} + N_{30}$ до посева + N_{30} рано весной

+ N₃₀ трубкавание + N₃₀ колошение). Максимальное содержание белка и клейковины было отмечено при внесении полуторной дозы NPK и составило соответственно 14,6 и 27,8 %. Применение же двойной дозы NPK несколько уменьшало содержание белка и клейковины - соответственно 13,8 и 27,3 % [185].

В опытах, проведенных на черноземе выщелоченном Липецкой области, В.А. Квасов (1997) установил, что наибольший урожай озимой пшеницы с хорошим качеством (содержание клейковины – 32,9 %) получен при использовании дозы N₉₀P₉₀K₆₀ – 33,1 ц/га [101].

Экспериментальные данные, полученные Л.Г. Смирновой (2006) на смытом выщелоченном черноземе Белгородского НИИСХ, показали, что для получения 42 ц/га зерна озимой пшеницы необходимо внести не менее N₅₀P₅₀K₅₀ [257].

Эффективно применение под озимую пшеницу органических удобрений. Навоз вносят в чистом пару или после раноубираемого предшественника (вико-овсяная смесь, кукуруза или озимая рожь на зеленый корм и др.).

При внесении органических удобрений увеличивается содержание гумуса в пахотном слое, активизируется микрофлора, улучшаются химические свойства почв, повышается содержание в них элементов питания (азота, фосфора и калия). Доказано, что внесение 20 т/га навоза обеспечивает прибавку урожая зерна: на дерново-подзолистых почвах – 0,7 т/га, на серых лесных почвах, выщелоченных и южных черноземах – около 0,3 т/га.

По данным ВИУА, при внесении навоза под озимую пшеницу в ЦЧЗ на выщелоченном черноземе в среднем из 46 опытов прибавка составила 7,4 ц/га, на мощном и обыкновенном черноземе в среднем из 19 опытов – 3,4 ц/га [192].

Большинство авторов считают, что оптимальная доза навоза под озимую пшеницу должна находиться в пределах 30 – 40 т/га [122, 186, 192].

Внесение более высоких доз пропорционального роста урожая зерна не дает. При этом необходимо помнить, что окупаемость каждой тонны навоза урожаем озимых тем ниже, чем выше его доза [192].

В литературе отмечена высокая эффективность совместного внесения органических и минеральных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы.

Н.Е. Алексеев и Г.И. Казаков (1998) отмечают, что наиболее эффективными по влиянию на урожайность озимой пшеницы чаще всего оказываются органо-минеральные системы удобрений, на 20 – 25 % превосходящие системы удобрений только органические или только минеральные [21].

Наиболее сильное положительное действие навоза на урожай и качество зерна озимой пшеницы проявляется в Нечерноземной зоне [158, 246]. Однако высокий положительный эффект от совместного внесения органо-минеральных удобрений отмечен и на черноземах ЦЧЗ [71, 186, 208].

Таким образом, из вышеизложенного можно заключить, что озимая пшеница хорошо отзывчива на внесение минеральных и органических удобрений как отдельно, так и совместно. Но оптимальным уровнем применения удобрений под озимую пшеницу следует считать систему, при которой навоз вносят под парозанимающую культуру, а минеральные удобрения – под озимые [192].

Сахарная свекла - одна из важнейших технических культур. В настоящее время свыше 40 % мирового производства сахара получают из ее корнеплодов.

Центральное Черноземье относится к ведущим свеклосеющим регионам России [25, 315].

Важнейшим агротехническим средством повышения продуктивности и улучшения качества продукции является научно обоснованная система удобрения, разработанная с учетом местных почвенно-климатических условий, а также биологических особенностей культуры [180].

Исследованиями, проведенными В.В. Никитиным, В.З. Гетманским (2003) на черноземных почвах в условиях ЦЧЗ, установлено, что благодаря удобрениям формируется 58 % урожая культур зерносвекловичного севооборота. Большое число опытов, поставленных на различных типах почвах, свидетельствует о существенной зависимости между эффективным плодородием почвы и потребностью растений в дополнительном минеральном питании [196].

Сахарная свекла, по сравнению с другими культурами свекловичного севооборота, наиболее требовательная к питанию.

Азот - один из основных элементов питания. Его роль в жизнедеятельности растений очень велика, он входит в состав простых и сложных белков, участвует в процессах обмена веществ в растительном организме. Сахарная свекла потребляет азот в течение всей вегетации, максимум его приходится на первую половину лета – до момента полного смыкания междурядий.

Недостаток *фосфора* в почве отрицательно сказывается на росте и развитии сахарной свеклы, особенно в первоначальный период. Это питательное вещество растения потребляют из почвы еще до момента выхода на поверхность. Фосфор участвует в процессах дыхания растений и синтеза углеводов.

В растениях сахарной свеклы важные функции выполняет *калий*. Он способствует нормальному течению фотосинтеза, усиливает отток углеводов из пластинки листа в корни, активизирует деятельность ферментов, повышает засухоустойчивость и морозостойкость сахарной свеклы, усиливает питание ее аммиачным азотом. Внесение калийных удобрений на всех почвах под сахарную свеклу оказывает положительное влияние на урожай корней, их сахаристость и повышает эффективность использования азотно-фосфорных удобрений [176, 192, 241].

Поступление азота, фосфора и калия в сахарную свеклу по периодам вегетации происходит неравномерно. Например, в период появления проростков она больше потребляет фосфора, с появлением всходов – нуждается в азоте и калии.

Сахарная свекла отличается повышенным выносом элементов питания (110 - 150 кг азота, 50 - 90 кг фосфора, до 190 кг калия при урожайности корнеплодов 30 - 40 т/га). При этом вынос элементов питания не остается постоянным, он зависит от почвенных и погодных условий, а также от вносимых удобрений [192]. Следовательно, для получения запланированного урожая сахарной свеклы в почву необходимо вносить высокие дозы минеральных удобрений.

Интенсивная технология возделывания сахарной свеклы предполагает внесение высоких доз удобрений, однако исследования показывают, что они не имеют видимого преимущества перед средними рекомендованными, а переизбыток азотных и калийных удобрений в определенных условиях может привести к снижению сахаристости [248].

Среди минеральных удобрений, влияющих на продуктивность и качество корнеплодов, ведущее место отводится – азотным.

Так, в опытах, заложенных с 1984 года в различных совхозах ЦЧЭР на черноземе выщелоченном, В.М. Воронин (2000) установил четкую закономерность, которая свидетельствует о росте урожайности и одновременном снижении сахаристости корнеплодов по мере увеличения доз азота. Высокая экономическая эффективность азотных удобрений достигла своего пика в дозе 150 кг/га д.в., дальнейшее увеличение доз азота было нецелесообразным как с экономической, так и с экологической точек зрения [55].

Продолжая наблюдения в той же области, ученый установил, что наиболее эффективными формами азотных удобрений оказались – жидкие. При этом максимальная урожайность корнеплодов (50 т/га) может быть получена при внесении 180 кг д.в. карбамидно-аммиачных смесей, а наибольший выход сахара отмечен при внесении 150 кг д.в. азота [56].

Положительный эффект от внесения азотных удобрений на урожай и качество корнеплодов сахарной свеклы отмечен и в других опытах [64, 88, 138, 144, 168].

Наряду с отмеченным выше, положительным влиянием азотных удобрений на урожай и технологические качества корнеплодов сахарной свеклы авторы указывают на отрицательное действие их повышенных доз.

Многочисленными исследованиями было установлено, что обильное азотное питание приводит к снижению сахаристости и увеличению «вредного» азота и золы, которая затрудняет переработку свеклы и уменьшает общий выход сахара [88, 143, 192].

Избыток фосфора в почве не оказывает заметного отрицательного влияния на рост и развитие сахарной свеклы. Поэтому внесение фосфорных удобрений в большинстве случаев не только повышает урожай, но и улучшает технологические качества корней [192].

Исследования, проведенные на выщелоченном черноземе в условиях северной части Тамбовской области, показали, что при внесении по 60 кг/га д.в. азота и калия в среднем за три года прибавка урожайности корнеплодов составила 1,7 т/га. При добавлении в их состав по 60 кг/га д.в. фосфора она возросла в 4 - 5 раз [110].

Эффективность фосфорных удобрений снижается по мере увеличения запасов фосфора в почве [192].

Положительное влияние на урожай и качество корнеплодов сахарной свеклы оказывают калийные удобрения [277], но в большей степени они проявляют себя в сочетании с азотными [213, 225].

Большинство современных ученых считают, что на всех почвах наибольший урожай корней с высокой сахаристостью достигается при внесении полного минерального удобрения; увеличение одного питательного вещества на фоне остальных и замена одного другим не увеличивают урожай. При этом не менее важное значение имеет оптимальное соотношение в них азота, фосфора и калия [192].

Так, В.В. Никитин (1985) на основании своих исследований установил, что внесение 1 центнера полного минерального удобрения при правильном

соотношении азота, фосфора и калия повышает урожайность сахарной свеклы в районах неустойчивого увлажнения ЦЧЭР на 8 - 9 ц/га [195].

Наибольшая продуктивность сахарной свеклы на основных типах почв достигается при внесении питательных веществ в соотношении NPK, близком к единице [192, 264].

А по данным В.П. Овсянникова, Ю.С. Колягина, В.М. Воронина (2000), внесение NPK в соотношении 1: 1,0 - 1,2:1 является наиболее эффективным для получения высокого урожая сахарной свеклы с хорошими технологическими качествами [202].

В настоящее время актуальной является разработка оптимальных экономически целесообразных норм применения минеральных удобрений для сахарной свеклы [251].

Специалистами Центра НТИ были предложены оптимальные и экономически выгодные дозы удобрений под сахарную свеклу на различных типах и подтипах почв в условиях ЦЧЗ: на черноземе выщелоченном – $N_{140-180}P_{150-180}K_{140-180}$, на черноземе типичном – $N_{120-140}P_{140-150}K_{100-140}$, на черноземе обыкновенном – $N_{100-130}P_{140-150}K_{90-120}$; на темно-серой лесной почве – $N_{160-170}P_{170-190}K_{160-190}$ [281, 289].

В настоящее время мнения по вопросу оптимальной экономически выгодной дозы удобрений под сахарную свеклу у многих авторов весьма противоречивы, а сама доза находится в широком диапазоне.

По мнению В.А. Квасова (1992), в условиях Липецкой области на выщелоченном черноземе оптимальной, была доза $N_{90}P_{90}K_{90}$, при которой получена высокая прибавка – 96 ц/га [100].

Изучение технологии возделывания сахарной свеклы в условиях зернопаропропашного севооборота на черноземе обыкновенном в 2004-2006 гг. показало, что применение минеральных удобрений в рекомендуемой дозе $N_{120}P_{120}K_{120}$ дает достоверную прибавку урожая в размере 3,4 т/га, что на 7,1 % превышает контроль. Внесение рекомендуемых доз удобрений на фоне

последствия 40 т/га навоза также способствует росту урожайности до 52,6 т/га, что на 4,9 т/га, или 10,3 %, выше показателей на контроле [315].

К аналогичным результатам на черноземе выщелоченном в условиях Воронежской области пришли в своих исследованиях Ю.И. Столповский, Н.Г. Мязин, А.Н. Храпонова (1992) [271].

В опытах, проведенных А.В. Дедовым и др. (2007) на черноземе выщелоченном, максимальная урожайность была достигнута при дозе $N_{150}P_{150}K_{150}$ [51].

В исследованиях Белгородского НИИСХ на черноземе типичном двойные дозы минеральных удобрений NPK (по 180 кг д.в. на га) по сравнению с одинарными способствовали росту урожайности сахарной свеклы на 40 - 57 ц/га [222].

Внесение органических удобрений также оказывает положительное действие на продуктивность сахарной свеклы.

Так, тонна навоза, внесенного под сахарную свеклу (при дозе 20 - 30 т/га), повышает урожайность корнеплодов в зоне достаточного увлажнения на 1,6 - 2,5 ц/га, в зоне неустойчивого увлажнения - на 1,5 - 2,1 и в зоне недостаточного увлажнения - на 0,5 - 1,9 ц/га.

Место внесения навоза зависит от размещения сахарной свеклы в севообороте и почвенно-климатических условий. В районах достаточного увлажнения его следует использовать непосредственно под свеклу, независимо от места ее в севообороте, по 20 - 40 т/га. При заделывании навоза под предшественник в этих зонах действие его на сахарную свеклу снижается. В районах недостаточного и неустойчивого увлажнения в паровом звене севооборота навоз вносят по 25 - 35 т/га под предшествующие свекле озимые, а в звене с травами – непосредственно под сахарную свеклу. Средние прибавки урожая корней сахарной свеклы от внесения навоза составляют от 25 до 70 ц/га [192].

Высокая отзывчивость сахарной свеклы отмечена при совместном внесении минеральных и органических удобрений.

В условиях ЦЧЗ на черноземе обыкновенном опытным путем установлено, что минеральные удобрения повышают урожайность корнеплодов сахарной свеклы на 7,1 %, а минеральные удобрения на навозном фоне (40 т/га) обеспечивали дальнейшее увеличение урожайности до 10,3 % по сравнению с контролем. Максимальный сбор сахара был отмечен в варианте с внесением дозы удобрений $N_{120}P_{120}K_{120}$ под сахарную свеклу на фоне последствий 5 т/га донного навоза, внесенного в паровое поле. В этом варианте была получена наибольшая сахаристость корнеплодов - 14,7 % (в контроле – 12,4 %). Далее следует вариант с внесением туков на фоне последствий 40 т/га навоза и 5 т/га донного навоза [183].

А.Н. Воронин и др. (2010) на основании своих опытов установили, что наибольшая урожайность сахарной свеклы получена при совместном внесении органических и минеральных удобрений (прибавка урожая по сравнению с контролем составила 217 – 237 ц/га), это свидетельствует о высокой эффективности применения их под сахарную свеклу [222].

В зоне неустойчивого увлажнения ЦЧР на черноземе выщелоченном опытным путем доказана эффективность системы удобрения, состоящей из основного внесения NPK (по 135 кг/га д.в.) и 25 т /га навоза в пару и NPK (по 120 кг/га д.в.) и 50 т/га навоза в пару, которая обеспечивает получение 37,9 - 41,3 т/га корнеплодов в звене с черным паром и 37,5 - 36,1 т/га в звене с многолетними травами [169].

В стационарном опыте, заложенном в 1968 году в отделе земледелия НИИСХ ЦЧП, установлено, что ежегодное внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза 30 т/га дважды за ротацию десятипольного севооборота достоверно повысило урожайность сахарной свеклы [248].

Положительный эффект от совместного внесения органо-минеральных удобрений на продуктивность и качество корнеплодов сахарной свеклы отмечен и в других районах свеклосеяния: на Южном Урале [316] и в Краснодарском крае [178].

Сахарная свекла требовательна не только к обеспеченности элементами питания, но и к кислотности почв. Поэтому проведение на кислых почвах известкования является одним из главных приемов повышения продуктивности и качества корнеплодов сахарной свеклы [81, 170, 270]. Отмечен высокий прирост урожайности и улучшение технологических качеств корнеплодов при совместном внесении органических, минеральных удобрений и дефеката [180, 315].

Таким образом, из вышеизложенного можно заключить, что самым быстродействующим и эффективным способом повышения продуктивности сахарной свеклы является внесение минеральных удобрений, особую ценность из которых представляют азотные. Авторами отмечен положительный эффект от совместного внесения органо-минеральных удобрений. Высокая эффективность удобрений при выращивании корнеплодов может быть достигнута при внесении их в оптимальных дозах, с учетом почвенно-климатических условий. Необходимо отметить, что все авторы указывают на то, что внесение минеральных удобрений (NPK) свыше 250 кг/га д.в. под сахарную свеклу не только экономически неэффективно, но и снижает выход сахара. В связи с повышенной чувствительностью сахарной свеклы к кислотности почвы важным мероприятием в системе удобрения этой культуры является известкование.

Кукуруза на силос – ведущая кормовая культура в ЦЧЗ.

Обеспечение развивающегося животноводства области высокоэнергетическим кормом обуславливает необходимость значительного повышения валового производства кукурузы как ведущей кормовой и зернофуражной культуры широкого диапазона использования [18].

Важный фактор увеличения урожайности и качества зеленой массы кукурузы – рациональное применение удобрений [217].

Результаты многолетних исследований, проведенных в различных районах Центрально - Черноземной зоны возделывания кукурузы, позволяют сделать однозначные выводы: применение минеральных и органических

удобрений значительно увеличивает урожайность и качество кукурузы на силос. Используя их, можно изменять направленность процессов обмена веществ в желаемую сторону и вызывать более активное накопление в растениях кукурузы белков, жиров, углеводов и т.д. [18, 102, 151, 181, 274].

Кукуруза - одна из культур, которая предъявляет высокие требования к наличию в почве усвояемых форм питательных веществ.

В жизнедеятельности кукурузы, как и всех живых организмов, азоту принадлежит ведущая роль. Кукуруза интенсивно усваивает азот в начале вегетации и в период выметывания метелок - цветения. После начала молочно - восковой спелости зерна его поступление резко сокращается.

При недостатке азота в ранний период вегетации замедляется рост растений и образование хлорофилла, снижается интенсивность фотосинтеза и белкового обмена. При избытке азота в почве медленно прорастают семена и задерживаются всходы [192]. Оптимальное содержание его в почве стимулирует рост и активность корневой системы, ускоряет развитие растений [52].

Фосфор необходим в течение всей вегетации и поступает в растения до самого созревания зерна. При недостатке фосфора в почве растения медленно растут, вегетация растягивается, нарушается процесс формирования репродуктивных органов. Избыточное фосфорное питание задерживает ростовые процессы, но ускоряет развитие, а урожай зеленой массы и зерна при этом снижается.

Важные функции в растениях кукурузы выполняет *калий*. В растения он поступает с момента появления всходов, и к фазе выбрасывания метелок его накапливается более 90 % максимального содержания. Потребление калия заканчивается в фазе молочной спелости зерна. При калийном голодании корневая система развивается слабо, у растений снижается устойчивость к полеганию [192].

Потребность кукурузы в основных элементах питания обширной зоны возделывания неодинакова и изменяется в зависимости от почвенных, погодных условий, приемов агротехники и уровня применения удобрений.

Обобщение результатов многих полевых опытов, проведенных в Воронежской области, свидетельствует, что кукуруза хорошо реагирует прежде всего на внесение азотных удобрений [192, 273, 275, 282].

В полевом стационарном опыте Воронежского филиала ВНИИ кукурузы на черноземе выщелоченном установлено, что в среднем за 38 лет наблюдений наиболее сильное и устойчивое по годам действие на урожайность зеленой массы кукурузы оказывало внесение азотного удобрения самостоятельно и в сочетании с фосфорными и фосфорно-калийными удобрениями при ежегодной дозе по 60 кг/га, при этом урожайность повышалась на 5,6 - 10,2 т/га [274].

Своими работами С.В. Лукин и В.П. Сушков (2003), неоспоримо доказали, что в условиях Белгородской области на урожай зеленой массы кукурузы положительное влияние оказывают в основном азотные удобрения. При этом ученые утверждают, что урожай зеленой массы кукурузы возрастает с увеличением доз азотных удобрений вплоть до уровня 120 кг/га. Зная уровень применения азотных удобрений, можно дать достаточно надежный прогноз урожайности этой культуры [142].

Исследования, проведенные на черноземах Ставропольского края, также показали положительный эффект от внесения азотных удобрений [31].

Результаты исследований по изучению действия фосфорных удобрений на урожай зеленой массы кукурузы носят противоречивый характер.

Так, на черноземах обыкновенных и южных кукуруза хорошо отзывается на дополнительное их внесение [192].

Однако, по мнению А.Ф. Стулина (2007), при хорошей обеспеченности растений подвижными формами калия и фосфора за счет почвы не наблюдалось положительного влияния на урожайность кукурузы на силос от внесения фосфорных и калийных удобрений. Кроме того, автор указывает, что при длительном внесении фосфорных удобрений (P_{60}) отмечена тенденция к снижению урожайности, а в отдельные годы (1978, 1982, 1984, 1987, 1992, 1993) установлено достоверное снижение продуктивности кукурузы [274].

Снижение положительной роли фосфора в получении дополнительного урожая надземной массы кукурузы отмечено в работах Г.А. Тибирьковой (1998) [283].

Роль калия при длительном его применении в питании кукурузы на черноземах требует дальнейшего углубленного изучения, поскольку даже при достаточном обеспечении кукурузы калием в отдельные годы в севообороте (1971, 1973, 1984, 2003) и в монокультуре (1971, 1981, 2001, 2003) получены достоверные прибавки урожая зеленой массы кукурузы [275].

По мнению Г.А. Тибирьковой (1998), калий и азот занимают ведущее место в формировании урожая. В составе тройного удобрения на их долю приходится 77 % дополнительного урожая [283].

В полевом краткосрочном опыте на черноземе обыкновенном карбонатном Ставропольского края установлено, что при внесении калийных удобрений в дозе K_{60} на фоне азотных удобрений увеличивалась урожайность зеленой массы кукурузы, прибавки которой составили от 11 до 14 % [32].

К аналогичным выводам пришли в своих работах В.В. Щукина (1982), Л.П. Черкасова (1991) на мицелярно-карбонатном тяжелосуглинистом черноземе: увеличение зеленой массы кукурузы на силос было получено при внесении калийных удобрений в дозах $K_{150-180}$ совместно с азотными и фосфорными ($N_{120}P_{120}$) [301, 313].

Обращает на себя внимание тот факт, что между основными и другими элементами питания существует тесная взаимосвязь: при недостатке азота поглощение фосфора снижается, ослабляется поглощение калия, совместное же внесение всех трех элементов питания в значительной степени повышает урожай кукурузы по сравнению с отдельным [192].

Так, представленное В.А. Прошкиным и А.П. Смирновым (1994) обобщение данных 140 полевых опытов по выращиванию кукурузы на силос в европейской части России подтвердило неоспоримое преимущество полного

минерального удобрения перед парными сочетаниями в формировании урожайности кукурузы [239].

Однако данные относительно оптимальной дозы минеральных удобрений под кукурузу на силос у многих авторов весьма противоречивы.

На основании собственных исследований, проведенных на черноземе типичном в условиях Воронежской области, Г.А. Тибирькова (1998) пришла к выводу, что внесение ежегодно на 1 га севооборота 128 кг д.в. ($N_{45}P_{43}K_{40}$) минеральных удобрений и под кукурузу $N_{60}P_{60}K_{60}$ обеспечивает получение 30 - 44 т/га зеленой и 8 - 12 т/га сухой массы [283].

В условиях Липецкой области при возделывании кукурузы на силос на выщелоченном черноземе наиболее эффективными дозами считаются $N_{120}P_{120}K_{120}$ и $N_{150}P_{120}K_{150}$. В этих вариантах получена самая высокая урожайность зеленой массы кукурузы - соответственно 333 и 372 ц/га [102].

На базе стационарного опыта Тамбовского НИИ сельского хозяйства учеными было установлено, что применение минеральных удобрений в дозе $N_{48}P_{55}K_{52}$ повышало урожай зеленой массы кукурузы на 16 % по сравнению с контролем [151].

К.Е. Сокаев (2010) в своих работах отметил, что лучшим вариантом при выращивании кукурузы на силос на карбонатных предкавказских черноземах следует считать внесение полного минерального удобрения в дозах $N_{150}P_{120}K_{120}$, на типичных черноземах - $N_{150}P_{120}K_{90}$ [263].

Исследования, проведенные на темно-каштановой почве в условиях Ростовской области с различными по скороспелости американскими гибридами кукурузы, показали, что при выращивании на силос среднеспелого гибрида максимальную урожайность обеспечивает применение NPK по (60 кг/га) каждого элемента, среднепозднего – $N_{90}P_{90}K_{60}$, позднеспелого – $N_{30}P_{60} + P_{10}Zn_5$ [6].

Результаты полевого опыта, заложенного в условиях Белгородской области, показали, что при использовании минеральных удобрений величина продуктивности посевов кукурузы на силос возрастает от одинарной и двой-

ной доз соответственно на 60 - 80 и 81 - 92 ц/га в зернопропашном севообороте и на 38 - 76 и 47 - 74 ц/га в зернопаропропашном [18].

Важная роль в повышении урожаев кукурузы на силос принадлежит органическим удобрениям. Благодаря навозу улучшаются условия питания растений азотом и использование запасов почвенной влаги.

В зависимости от почвенно-климатических условий нормы полуперепревшего навоза под зяблевую вспашку составляют (т/га): для Нечерноземной зоны в зависимости от почвенной разности – 20 - 40, Центрально - Черноземной зоны – 20 - 30, Северного Кавказа – 15 - 20, Поволжья – 20 - 30, Сибири – 30 - 40. В указанных нормах навоз обеспечивает высокую прибавку урожая - 0,66 - 1,42 т/га [192].

В исследованиях А.Ф. Стулина (1985) внесение 20 т/га навоза КРС в условиях Воронежской области повышало сбор зеленой массы кукурузы на 3,7 т/га при урожайности на неудобренных участках 35,5 т/га. Максимальная прибавка 11 т/га получена при внесении 80 т/га навоза. Причем с увеличением дозы свыше 20 т/га прирост зеленой массы от каждой последующей был в пределах 3,5 т/га; 2,5 и 1,5 т/га [276].

Периодичность внесения навоза имеет для хозяйств важное организационное и экономическое значение. Исследования показали, что в среднем три поля, получившие навоз дозами 40 т/га, 60 и 80 т/га в запас соответственно на второй, третий и четвертый год, дали прибавку урожая зеленой массы: 6,5 т/га, 6,7 и 6,9 т/га, а при ежегодном внесении 20 т/га прибавка зеленой массы составила 6,0 т/га [273].

В литературе отмечена высокая эффективность совместного внесения навоза и минеральных удобрений.

Так, по результатам наблюдений в условиях Белгородской области максимальная урожайность кукурузы на силос отмечена при органо-минеральной системе удобрения: в зернопропашном севообороте – 324 - 345 и в зернопаропропашном – 326 - 335 ц/га [18].

При возделывании кукурузы на силос на тяжелосуглинистых серых лесных почвах Рязанской области применение минеральных удобрений, особенно совместно с органическими (сидерат, солома, навоз), обеспечивает высокую урожайность кукурузы – 528 - 576 ц/га. При этом прибавка по сравнению с контролем (без удобрений) составляет 171 - 152 ц/га зеленой массы [217].

Однако результаты опытов, проведенных в условиях Тамбовской области, показали, что органо-минеральные удобрения оказали на урожай зеленой массы такое же влияние, как и минеральные [151].

Таким образом, на основании вышесказанного можно сделать следующий вывод: кукуруза на силос хорошо отзывается на внесение как минеральных, так и органических удобрений. Анализируя отдельно вклад основных элементов питания (азота, фосфора и калия) в формирование прибавок урожая, можно отметить ведущую роль азота, эффективность которого возрастает при совместном внесении его с фосфорными и калийными удобрениями.

Подсолнечник - основная масличная культура, возделываемая в ЦЧР. Масличность абсолютно сухих семян сортов, внесенных в реестр по ЦЧР, составляет 47 – 52 % [294].

В ЦЧР в настоящее время посевы подсолнечника составляют около 400 тыс. га, что позволяет полностью обеспечить население региона подсолнечным маслом и оказывать существенное влияние на формирование его рынка в России и за рубежом [259].

Подсолнечник, как и другие культуры севооборота, требователен к условиям минерального питания.

Потребление азота, фосфора и калия у подсолнечника происходит на протяжении всей вегетации. Общее количество этих элементов в растении возрастает по мере увеличения массы вегетативных и генеративных органов. Ко времени цветения подсолнечник поглощает из почвы 60 % азота, 80 % фосфора и 90 % калия от общего выноса из почвы за весь период вегетации.

Подсолнечник выносит из почвы большое количество питательных веществ: азота и фосфора – в 2 - 3, калия – в 6 - 10 раз больше, чем зерновые культуры. На формирование 100 кг его семян расходуется 5 - 6 кг азота, 2 - 2,5 кг фосфора и 10 - 12 кг калия [192].

Следует учесть, что питательные вещества (N, P, K) по-разному действуют на рост, развитие и урожайность подсолнечника.

Азот в сочетании с другими питательными элементами усиливает рост растений, способствует формированию более крупных корзинок подсолнечника. Однако избыточное азотное питание неблагоприятно сказывается на накоплении масла в семенах, в них повышается содержание белка и резко снижается масличность, а также делает растения менее устойчивыми к засухе и болезням.

Фосфор способствует более мощному развитию корневой системы подсолнечника, заложению продуктивных органов с большим числом зачаточных цветков в корзине. При достаточном фосфорном питании экономно расходуется влага. По своему действию азотные и фосфорные удобрения дополняют друг друга.

Важное значение в питании подсолнечника имеет *калий*, который в значительной мере влияет на фотосинтез и углеводный обмен в растениях [192].

Важнейшим агротехническим приемом повышения урожайности и качества семян подсолнечника является система удобрений, применяемая с учетом биологии растений, способствующая развитию мощной надземной массы и корневой системы [108, 192, 259].

Как показывают многолетний научный опыт и производственная практика, наиболее эффективные и экономически целесообразные дозы удобрений могут быть установлены в результате проведения многократных полевых опытов и лабораторных исследований с учетом почвенно-климатических условий, биологических особенностей растений, характера потребления ими элементов минерального питания и отзывчивости на удобрения [40].

На черноземных почвах подсолнечник в первую очередь отзывчив на внесение азотных и фосфорных удобрений и в то же время поглощает большое количество азота и фосфора из почвенных запасов, часто недоступных зерновым культурам [192].

Как показали исследования, проведенные в предгорной зоне КБР в 1999-2001 годах на черноземах, при внесении минеральных удобрений предпочтение следует отдавать азотно-фосфорным с преобладанием фосфорных. Так, в среднем за три года урожай семян подсолнечника составил: при соотношении $N_{30}P_{60}$ - 18,4; $N_{30}P_{90}$ - 19,8; $N_{30}P_{120}$ - 21,9 ц/га, но при этом снизилась масличность семян и составила: соответственно 40,1; 38,5; 36,4 % [36].

В опытах, поставленных в ЦЧР, при внесении минеральных удобрений (45 - 60 кг/га д.в.) на выщелоченных черноземах получена прибавка урожайности подсолнечника (ц/га): от фосфора - 2,3, от азота с фосфором - 3,1, от азота, фосфора и калия - 3,1. При этом авторы отмечают, что для степной и лесостепной зон на черноземных почвах лучшей является доза - $N_{40}P_{60}$ [245].

Аналогичные результаты были получены на черноземах Ростовской и Луганской областей, где ученые отмечают высокую эффективность внесения азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{40}P_{60}$ [40, 125].

Результаты других исследований, проведенных в условиях Воронежской области, свидетельствуют о том, что на черноземных почвах без орошения в большинстве случаев наиболее эффективны дозы азотно-фосфорных удобрений при внесении осенью под вспашку – $N_{60}P_{60}$ с отклонением в пределах $N_{30-60}P_{60-90}$. Двойные и тройные дозы ($N_{80}P_{120}$ и $N_{120}P_{120}$) в отдельные благоприятные по влажности годы могут несколько повышать урожай по сравнению с одинарными и полуторными, но эти прибавки неустойчивы и не окупаются стоимостью дополнительно затраченных удобрений. Кроме того, избыток удобрений, особенно азотных, делает растения менее устойчивыми к засухе и более восприимчивыми к болезням, ведет к снижению масличности семян, существенно не повышая сборы масла с гектара [192].

Положительный эффект азотно-фосфорного удобрения на урожай семян подсолнечника отмечен и в других опытах [5, 96, 107].

Значение фосфора в повышении урожая и качества семян подсолнечника на черноземах отмечено в работах О.В. Сдобниковой (1985) и Л.М. Пальчук (1998) [209, 252].

Особого внимания требуют исследования Л.М. Пальчук (1998), проведенные в условиях Воронежской области, которые показали, что наиболее высокий эффект дали фосфорные удобрения, обеспечив на каждый внесенный центнер суперфосфата прибавку семян от 80 до 100 кг. Исключение: слабовыщелоченный и обыкновенный черноземы, где прибавка несколько ниже. Совместное внесение азотного и фосфорного удобрения также увеличивало урожай. Азотные удобрения дали или незначительную прибавку или даже снизили урожай, что было связано с недостатком влаги. Высокая эффективность фосфорных удобрений объясняется тем, что в почве большая часть фосфатов находится в малодоступном состоянии [209].

В.А. Белогуров, Р.П. Скубицкая (1987) на основании собственных исследований, проведенных в 1981-1986 гг. на Розовской опытной станции, пришли к заключению, что подсолнечник в условиях данной зоны отзывчив на применение фосфорных удобрений. После озимой пшеницы и кукурузы на зерно лучшая доза фосфора – P_{60} . На увеличение ее до P_{90} хорошо реагируют посевы, размещенные после ячменя [41].

Следует отметить, что вывод об определяющей роли фосфорных удобрений под подсолнечник на черноземах справедлив в тех случаях, когда содержание усвояемого фосфора в почве низкое и удобрения на этих почвах не применялись [114].

Так, опытами, проведенными во ВНИИМК, была установлена четкая прямая зависимость между содержанием в почве фосфора и урожаем семян подсолнечника и обратная – между количеством фосфора и прибавкой урожая за счет внесения азотно-фосфорных удобрений. Чем меньше в почве со-

держание фосфора, тем больше подсолнечник реагировал на внесение удобрений [192].

Доказана высокая эффективность внесения азотных удобрений на черноземах [115]. Так, самая низкая прибавка урожая семян в опыте была получена на варианте без азота ($P_{60}K_{60}$) – 3,6 ц/га, хотя считается, что на черноземах главным недостающим элементом и под подсолнечник является фосфор. Варианты $N_{90}P_{60}$ и $N_{90}K_{60}$ практически дали равную прибавку урожая семян – 4,7 ц/га. Следовательно, утверждение о высокой эффективности азота относится и к черноземам.

Большинство современных ученых считают, что калийные удобрения на черноземных почвах не повышают урожайность подсолнечника, так как эти почвы достаточно обеспечены калием. Его применяют на супесчаных, оподзоленных, темно-серых лесных почвах, бедных калием, из расчета K_{40-60} . Дозы минеральных удобрений для конкретного поля уточняют, исходя из запланированного урожая и данных агрохимических картограмм [192, 245].

Как отмечают большинство исследователей, применение полного минерального удобрения также дает неоспоримо высокую прибавку урожая и улучшает качество семян подсолнечника.

Так, исследования, проведенные Е.А. Соболевой, А.Л. Лукиным В.В. Котовым (2011) на территории ЗАО «Калачеевский» Воронежской области на черноземе обыкновенном, показали, что оптимальное влияние и эффективное использование показателей плодородия на формирование урожая семян подсолнечника и получение продуктов его глубокой переработки достигается при полной дозе $N_{180}P_{64}K_{120}$, рассчитанной балансовым методом. Эта доза удобрений наиболее комплексно удовлетворяет потребности растений при формировании урожая семян и выходе пектина [211].

В 1982-1984 гг. на Воронежской опытной станции «Днепр» на черноземе типичном от внесения полного минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{60}K_{60}$ получена значительная прибавка урожайности – в среднем за три года 3,1 ц/га [244].

Исследования, проведенные в 1998-2000 гг. в условиях Ростовской области, показали, что при выращивании гибридных семян подсолнечника на темно-каштановой почве для получения высокой урожайности необходимо допосевное локальное внесение удобрений в дозе $N_{25}P_{30}K_{30}$ [7].

Подсолнечник хорошо отзывается на внесение навоза как при прямом действии, так и в последствии этого удобрения.

Внесение больших доз навоза (более 30 т/га) непосредственно под подсолнечник не всегда агрономически и экономически оправдано. В одних случаях навоз нужно вносить под предшествующую культуру, в других - использовать небольшие дозы в сочетании с минеральными удобрениями под подсолнечник [192].

Следовательно, минеральные и органические удобрения повышают урожайность и качество семян подсолнечника во всех районах его возделывания. Однако в большей степени на урожай подсолнечника влияют минеральные удобрения, в частности азотно-фосфорные. Размеры повышения урожайности и качества семян подсолнечника зависят от почвенно-климатических условий района возделывания, состава культур севооборота и их удобренности, особенностей сортов, доз и соотношения азота и фосфора в удобрениях [114].

Таким образом, проанализировав имеющийся материал по затрагиваемой теме, необходимо отметить, что исследований в данной области достаточно много, но они практически все носят узконаправленный характер. Совершенно мало публикаций за длительный период наблюдений, а изучение проблемы баланса питательных веществ в Воронежской области практически не проводилось.

В предлагаемой работе проведена комплексная оценка мониторинга показателей плодородия почв и урожайности основных сельскохозяйственных культур Воронежской области в зависимости от уровня применения удобрений и мелиорантов за длительный период наблюдений (46 лет), что дает возможность для разработки мероприятий по поддержанию и повыше-

нию плодородия почв, а также составлению прогноза возможных его изменений на перспективу.

Глава II ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Агроклиматические и метеорологические условия

Воронежская область - одна из южных областей Центрального Федерального округа, расположена в центральной полосе европейской части России и входит в Среднерусскую провинцию.

Протянувшись с севера на юг на 350 км и с запада на восток на 300 км, область заняла огромное пространство – свыше 5 млн га. В области 32 сельскохозяйственных административных района: 19 северо-западных обслуживает центр агрохимической службы «Воронежский», 13 юго-восточных и южных обслуживает станция агрохимической службы «Таловская» [58].

Климатические условия Воронежской области из-за значительной ее протяженности неоднородны. Неоднородность климата создается под влиянием различных факторов, главнейшим из которых является географическая широта (50 - 52⁰ с.ш.); от последней зависит полуденная высота Солнца над горизонтом и количество получаемой солнечной энергии поверхностью Земли. Так, годовой приход суммарной солнечной радиации и годовое число часов солнечного сияния варьируют в направлении с северо-северо-запада на юго-юго-восток области соответственно от 90 до 96 ккал/см² и от 1740 до 1950 ч/год. В зависимости от радиационного фактора происходит изменение среднегодовых температур воздуха от 4,5 до 6,9⁰С, а также продолжительности безморозного периода - от 148 до 164 дней [14, 224].

В условиях Воронежской области климат умеренно континентальный. Средняя температура января изменяется от – 10,9⁰С на севере до – 8,2⁰С на юге; июля - соответственно от +19,6 до +21,8⁰С. Продолжительность вегетационного периода в среднем составляет 190 дней. Сумма среднесуточных температур выше +10⁰С колеблется от 2440 до 2930⁰С [111].

Умеренно континентальный тип климата характеризуется сухим жарким летом и умеренно холодной зимой с устойчивым зимним покровом. На­растание континентальности (увеличение амплитуды температур зимы и ле­та, снижение годового количества осадков) идет в направлении с северо­северо-запада на юго-юго-восток. Однако общая картина изменения клима­тических показателей нарушается неоднородностью подстилающей поверх­ности. Возвышенности, стоящие на пути западно-восточного ветра, относи­тельно крупные лесные массивы с повышенной влажностью воздуха над ни­ми характеризуются максимальными значениями годовых осадков. Остров­ное расположение возвышенностей и лесных массивов на территории обла­сти вызывает характерную пятнистость в распределении осадков.

Воронежская область получает в среднем около 500 мм осадков в год. Из годового количества осадков примерно 60 - 70 % приходится на теплый период – с мая по сентябрь. При господстве западно-восточного ветра для области отмечается аномально влажный год, когда показатель осадков дости­гает 800 мм, т.е. превышает среднегодовое значение на 300 мм. Однако осад­ки эти выпадают чаще в виде ливней, не успевают просачиваться в почвен­ные горизонты и стекают, многократно повышая скорость эрозийных про­цессов [224].

При доминировании в теплый период юго-восточных ветров область заполняется континентальным воздухом (умеренным и тропическим), прихо­дящим из пустынь Средней Азии. В этом случае наблюдают аномально низ­кие показатели осадков (до 250 мм) и аномально высокие температуры воз­духа (+43 °С). В целом же теплый период характеризуется крайней неустой­чивостью циркуляционных процессов и частой сменой северо-западных по­токов юго-восточными.

В зимнее время над Воронежской областью господствуют юго­восточные и юго-западные ветры, приносящие умеренный морской воздух. Устанавливается сухая морозная погода. Проникновение арктического воз­духа со стороны Западной Сибири и Северного Ледовитого океана в некото­

рые годы снижает температуру до $-36 - 41$ °С. Устойчивость зимней погоды нарушается проникновением циклонов со стороны Атлантики. С циклонной деятельностью связаны оттепели и осадки, выпадающие преимущественно в виде снега. В направлении ослабления действия циклонов с северо-запада на юго-восток уменьшается и мощность снежного покрова от 25 до 11 см [68].

Профессор С.И. Костин (1952) на основании климатических показателей в пределах Воронежской области выделяет две климатические зоны - лесостепную с температурой в июле $19,5 - 20,0$ °С, а в мае - сентябре $16,0 - 17,0$ °С и степную с температурой в июле $20,0 - 22,0$ °С, а в мае - сентябре $17,0 - 18,0$ °С [120].

Важным климатическим показателем является также относительная влажность воздуха, которая на территории лесостепной части Воронежской области колеблется весьма широко и в 13 часов имеет два минимума - в мае и в августе или в июле. В мае относительная влажность воздуха в 13 часов колеблется от 40 до 50 %. Наибольшая относительная влажность воздуха наблюдается в декабре-январе (80 - 88 %). Относительная влажность воздуха в степной части во все времена года ниже, чем в лесостепной. В отдельные дни относительная влажность воздуха снижается до 15 - 10 %. Благодаря этому на юге области испарение влаги с поверхности почвы выше, чем в ее северной части.

Показатель увлаженности местности в вегетационный период на территории Воронежской области изменяется с севера на юг: в северной половине области, в подзоне типичных черноземов, он равен $1,1 - 1,0$, в средней части, в подзоне обыкновенных черноземов, - $0,9 - 0,8$, а на самом юге, где преобладают южные черноземы, - $0,7$. Однако указанные средние цифры в отдельные годы меняются в связи с отклонением от средних норм количества выпадающих осадков и температуры воздуха. Так, амплитуда колебания осадков на территории Воронежской области - 250 - 900 мм. Отклонения в осадках в минимальную сторону обычно сопровождаются засухой, которая в области, к сожалению, бывает частой гостьей. Засухе обычно сопутствует та-

кое вредное метеорологическое явление, как суховеи, резко ухудшающие условия роста и развития сельскохозяйственных растений [14].

Таким образом, климат на территории Воронежской области неоднороден и закономерно изменяется с северо-северо-запада на юго-юго-восток в сторону повышения температуры, уменьшения осадков, увеличения испаряемости, ухудшения водного режима почв. Хотя область и относится к зоне недостаточного увлажнения, в целом вполне пригодна для возделывания основных сельскохозяйственных культур.

Метеорологические условия в годы проведения исследований (1976-2010 гг.) складывались по-разному. Наиболее неблагоприятными годами, когда погодные условия негативным образом отразились на урожайности основных сельскохозяйственных культур, а также отличались от среднемноголетних значений по количеству осадков и температурному режиму, были: 1977/1978 - 1980/1981, 1982/1983, 1983/1984, 1991/1992, 1993/1994 - 1996/1997, 1999/2000, 2001/2002, 2002/2003, 2006/2007, 2008/2009, 2009/2010 сельскохозяйственные годы.

Ниже приводим подробную характеристику агроклиматических условий в годы проведения опытов с глауконитами.

За период проведения опыта с глауконитами (2003-2009 гг.) метеорологические условия складывались по-разному (таблица 1).

Погодные условия 2003 года сложились не в лучшую сторону для возделывания культур, в том числе и для выращивания проса. Так, весна характеризовалась неустойчивым температурным режимом и дефицитом осадков. В апреле и мае выпало 29 и 19 мм осадков, что соответствовало 76 и 35 % от нормы. Температурный режим в апреле был близок к среднемноголетним данным, а в мае выше на 2,7 °С, что неблагоприятно сказалось на всходах проса.

Лето характеризовалось неустойчивым температурным режимом с частыми дождями. Июнь по условиям увлажнения превышал среднемноголетнюю норму на 27 % и отличался прохладной погодой (средняя температура

Таблица 1 - Метеорологические условия в период проведения исследований (2003-2009 гг.)

Год/Месяц	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	За год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Сумма осадков, мм													
Среднегоголетняя	44	46	40	43	35	30	33	38	54	58	73	60	554
2002/2003 г.	84	48	58	55	27	9	12	29	19	74	109	94	618
% к норме	191	104	145	128	77	30	36	76	35	128	149	157	-
2003/2004 г.	75	81	47	20	70	73	54	65	85	53	110	17	750
% к норме	170	176	118	47	200	243	164	171	157	91	151	28	-
2004/2005	76	42	26	52	74	43	29	48	110	113	32	72	717
% к норме	173	91	65	121	211	143	88	126	204	195	44	120	-
2005/2006 г.	8	56	35	82	48	30	66	16	27	50	79	92	589
% к норме	18	122	88	191	137	100	200	42	50	86	108	153	-
2006/2007 г.	73	75	81	17	55	53	17	22	38	64	28	43	566
% к норме	166	163	203	40	157	177	52	58	70	110	38	72	-
2007/2008 г.	72	40	70	18	36	13	62	78	67	24	47	30	557
% к норме	164	87	175	42	103	43	188	205	124	41	64	50	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2008/2009	65	18	35	21	41	45	46	7	45	44	41	50	458
% к норме	148	39	88	49	117	150	139	18	83	76	56	83	-
Среднемесячная температура воздуха, °С													
Средне многолетняя	12,7	5,6	-1,1	-6,7	-9,3	-9,2	-1,4	5,9	14,0	18,0	19,9	18,7	5,5
2002/2003	13,3	5,6	-1,4	-10,0	-6,9	-9,7	-3,7	6,2	16,7	15,0	20,1	18,5	5,3
+/- к средней	+0,6	0	-0,3	-3,3	+2,4	-0,5	-2,3	+0,3	+2,7	-3,0	+0,2	-0,2	-
2003/2004	15,9	5,7	-0,1	-12,0	-3,8	-4,9	2,3	7,1	13,5	16,8	19,1	20,0	6,6
+/- к средней	+3,2	+0,1	+1,0	-5,3	+5,5	+4,3	+3,7	+1,2	-0,5	-1,2	-0,8	+1,3	-
2004/2005	14,1	7,4	0,7	-2,5	-2,2	-8,5	-5,1	9,0	17,3	17,3	20	19,7	7,2
+/- к средней	+1,4	+1,8	+1,8	+4,2	+7,1	+0,7	-3,7	+3,1	+3,3	-0,7	+0,1	+1	-
2005/2006 г.	15,2	7,9	1,7	-2,9	-11,4	-12,3	-2,8	8,1	14,6	19,9	18,9	20,9	6,4
+/- к средней	+2,5	+2,3	+2,8	+3,8	-2,1	-3,1	-1,4	+2,2	+0,6	+1,9	-1,0	+2,2	-
2006/2007 г.	14,4	8,4	1,5	0,6	0,1	-7,6	3,8	7,1	17,0	19,2	21,0	22,4	8,9
+/- к средней	+1,7	+2,8	+2,6	+7,3	+9,4	+1,6	+5,2	+1,2	+3,0	+1,2	+1,1	+3,7	-
2007/2008 г.	14,1	8,5	-1,1	-4,2	-8,5	-2,8	4,0	11,2	13,7	17,3	21,2	21,1	7,8
+/- к средней	+1,4	+2,9	0	+2,5	+0,8	+6,4	+5,4	+5,3	-0,3	-0,7	+1,3	+2,4	-
2008/2009	13,1	9,7	2,7	-3,3	-5,4	-4,4	-0,2	7,4	14,6	20,2	21,6	17,5	7,7
+/- к средней	+0,4	+4,1	+3,8	+3,4	+3,9	+4,8	+1,2	+1,5	+0,6	+2,2	+1,7	-1,2	-

воздуха была 15°C , что ниже ее климатической нормы на 3°C). В последние месяцы лета температура воздуха находилась в пределах нормы и составила $20,1$ и $18,5^{\circ}\text{C}$, а осадков выпало 109 и 94 мм против 73 и 60 среднемноголетних данных соответственно в июле и августе.

В целом 2004 год был теплым и влажным, благоприятным для сельскохозяйственного производства. Условия для прорастания зерна гороха складывались положительно, прошедшие в конце апреля дожди пополнили почву влагой и улучшили условия для появления всходов. Количество выпавших осадков составило 65 мм, что превысило месячную норму на 71% . Среднемесячная температура воздуха составила $7,1^{\circ}\text{C}$ против $5,9^{\circ}\text{C}$ среднемноголетней. В мае сохранилась дождливая погода, со среднемесячной температурой воздуха, близкой к среднемноголетнему значению, и количеством выпавших осадков 85 мм, что соответствует $1,5$ месячной нормы. Июнь и июль имели несколько пониженный температурный фон (на $0,8 - 1,2^{\circ}\text{C}$ ниже нормы) при избытке атмосферных осадков в июле (110 мм против 73 мм среднемноголетней нормы).

В августе преобладала жаркая и сухая погода, благоприятная для проведения уборочных работ, которая позволила в сжатые сроки убрать урожай гороха и подготовить почву к посеву озимой пшеницы.

По метеорологическим условиям 2004/2005 сельскохозяйственный год в целом был благоприятным для возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и для озимой пшеницы. За год среднесуточная температура воздуха составила $7,2^{\circ}\text{C}$, что на $1,7^{\circ}\text{C}$ выше среднемноголетней, количество выпавших осадков составило 717 мм, что превысило среднемноголетнюю норму на 29% . Условия вегетации растений озимой пшеницы складывались хорошие.

Так, при наличии теплой и влажной погоды осенних месяцев (в сентябре и октябре 2004 года выпало 76 и 42 мм осадков против 44 и 46 мм среднемноголетней нормы, температуры воздуха - $14,1$ и $7,4^{\circ}\text{C}$, что выше среднемноголетних значений соответственно на $1,4$ и $1,8^{\circ}\text{C}$ тепла) условия начала

периода вегетации озимых сложились весьма благоприятные, в зиму растения вошли преимущественно в фазе кущения, местами – 3 листа.

В декабре условия перезимовки озимой пшеницы несколько ухудшились из-за оттепели, которая способствовала снижению зимостойкости растений и их ослаблению. В дальнейшем условия перезимовки озимых хлебов складывались весьма удовлетворительные. Накопленный запас влаги за зимние месяцы был достаточен для нормального роста и развития растений.

В апреле условия для вегетации озимой пшеницы были хорошие. В третьей декаде на 6 - 10 дней раньше обычного началось трубкование. Среднемесячная температура воздуха составила $+ 9^{\circ}\text{C}$, что превысило среднемесячную норму на $3,1^{\circ}\text{C}$, а осадков выпало 48 мм против 38 мм среднемесячного значения. В мае сохранилась жаркая погода, превышающая среднемесячную норму по температурному режиму на $3,3^{\circ}\text{C}$, а по количеству осадков - в 2 раза от месячной нормы, что несколько ухудшило формирование колоса. Летние месяцы вегетации озимой пшеницы по количеству выпавших осадков отличались от среднемесячных данных (в июне выпало 113 мм против 58 мм, а в июле – 32 мм против 73 мм среднемесячных значений). Температурный режим в эти месяцы находился в пределах нормы. Это не отразилось на развитии озимой пшеницы и получении высокого урожая с хорошим качеством.

Погодные условия 2005/2006 сельскохозяйственного года были также благоприятными для роста и развития озимых хлебов и большинства культур области. По гидротермическому режиму год характеризовался как недостаточно увлажненный ($\text{ГТК} = 1,24$), с годовой нормой осадков и температурным режимом, близким к среднемесячным значениям.

Метеорологические условия периода вегетации озимой пшеницы несколько отличались от среднемесячных данных. Так, сентябрь 2005 года выдался достаточно жарким со среднемесячной температурой воздуха $+ 15,2^{\circ}\text{C}$, что выше на $2,5^{\circ}\text{C}$ среднемесячной нормы, и дефицитом влаги (8 мм против 44 мм месячной нормы). Это отразилось на появлении дружных

всходов озимой пшеницы ввиду уплотнения верхнего слоя почвы. В результате развитие их отстало от средних многолетних сроков на 1 - 3 недели. Однако теплый и дождливый октябрь способствовал дальнейшему росту и развитию озимых культур, которые ушли в зиму в удовлетворительном состоянии. При повышении дневной температуры в конце марта до $+ 5 - 13$ °С покой озимых нарушался. Апрель выдался засушливый со среднемесячной температурой воздуха $+ 8,1$ °С, что превысило норму на $2,2$ °С, осадков выпало 16 мм, или 42 % нормы.

В мае также отмечен дефицит влаги (27 мм против 54 мм многолетних значений). Температура воздуха была близка к среднемноголетней. Жаркая и сухая погода июня ухудшила условия для налива зерна озимых культур. Июль по условиям увлажнения и температурному режиму был близок к среднемноголетним значениям, что благоприятно отразилось на получении хорошего урожая озимой пшеницы.

Погодные условия 2006/2007 сельскохозяйственного года складывались неблагоприятными для возделывания большинства сельскохозяйственных культур, в том числе и для выращивания ячменя. По условиям влагообеспеченности и температурному режиму год проведения исследований характеризовался как засушливый (ГТК = 0,9), это отразилось на развитии ячменя и получении урожая.

В начале вегетации ячменя метеорологические условия складывались неблагоприятно. Из-за жаркой и сухой погоды, а также недостаточной влаги в весенний период ухудшались условия для укоренения и кущения ячменя, а также закладки колоса. В апреле и мае температурный режим был выше нормы на $1,2 - 3$ °С и составил соответственно $7,1$ и $17,0$ °С, количество осадков выпало 22 и 38 мм против 38 и 54 мм среднемноголетней нормы. Июнь был теплым (среднесуточная температура выше среднемноголетней на $1,2$ °С), а количество осадков было чуть выше среднемноголетнего значения и составило 64 мм. В июле влагообеспеченность была ниже среднемноголетних данных (38 % месячной нормы), а температурный режим был выше на $1,1$ °С.

2007/2008 сельскохозяйственный год характеризовался как недостаточно увлажненный (ГТК = 1,02). В целом за год среднесуточная температура воздуха составила 7,8 против 5,5 °С климатической нормы. Количество выпавших осадков было близко к среднемноголетней норме.

Метеорологические условия 2008/2009 сельскохозяйственного года сложились не совсем благоприятными для возделывания озимой пшеницы, а также для других культур области. Сухая и жаркая погода, а также дефицит влаги за период парования иссушили почву. Запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы перед посевом озимой культуры оставались неудовлетворительными. Несколько улучшились условия для прорастания семян озимой пшеницы в сентябре, после прошедших дождей, количество осадков составило 65 мм против 44 мм их месячной нормы. Температурный режим был близок к норме. В октябре у озимых культур продолжалось кущение. В последующие месяцы перезимовка проходила в удовлетворительных погодных условиях, хотя часто наблюдались оттепели, снижающие их зимостойкость.

Весене-летний период вегетации озимой пшеницы складывался весьма неблагоприятным и отличался от среднемноголетних значений. В апреле-июле среднесуточная температура воздуха была выше нормы на 0,6 - 2,2 °С, а количество осадков было ниже их месячных норм и составило 7, 45, 44 и 41 мм против 38, 54, 58 и 73 мм среднемноголетних данных соответственно в апреле, мае, июне и июле.

Хотя метеорологические условия 2008/2009 сельскохозяйственного года были не совсем благоприятными для растений озимой пшеницы, в целом был получен хороший урожай (36,5, 38,9 ц/га). Здесь, видимо, сыграл положительную роль паровой предшественник.

Следовательно, в зоне неустойчивого увлажнения, в которой находится Воронежская область, продуктивность сельскохозяйственных культур лимитируется в первую очередь количеством выпавших атмосферных осадков и распределением их по фазам вегетации. В целом за годы проведения иссле-

дований (2003-2009 годы) наиболее благоприятными по метеорологическим условиям оказались 2003/2004 - 2005/2006 сельскохозяйственные годы.

2.2 Почвенный покров Воронежской области

Основным богатством Воронежской области, незаменимым ресурсом сельского и лесного хозяйства, жизни человека, экологического благополучия является почвенный покров, более чем на 80 % представленный черноземами - плодороднейшими почвами в мире. Земельный фонд области составляет 5,22 млн гектаров, из них 11,2 % занимают земли несельскохозяйственного пользования и 88,8 % - земли сельскохозяйственного назначения [30].

Почвенный покров области неоднороден (рисунок 1). Широкая расчлененность водоразделов овражно-балочной системой привела к размыву и смыву почв, расположенных на склонах, снижению их потенциального и эффективного плодородия. В составе почвенного покрова сельскохозяйственных угодий доминируют почвы черноземного типа почвообразования, которые являются зональными и с севера на юг чередуются в таком порядке: выщелоченные и типичные (43 %), обыкновенные (30 %), южные (5 %). Это свидетельствует о высоком качестве земель сельскохозяйственного назначения.

Среди зональных почв вследствие неоднородности местных условий почвообразования встречаются интразональные почвы в виде пятен, пятен, полос: оподзоленные черноземы (5,7 %), пойменные и луговые почвы (5,8 %), лугово-черноземные, карбонатные, черноземовидные супеси, солонцовые почвы (10,5 %). Распаханность сельскохозяйственных угодий достигает около 80 %, а всей территории области - 62,7 % [30, 58].

По характеру почвенного покрова территория Воронежской области делится на лесостепную и степную части. Первая из них относится к Окско-Донской провинции умеренно промерзающих оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов и серых лесостепных почв лесостепи, вторая – к

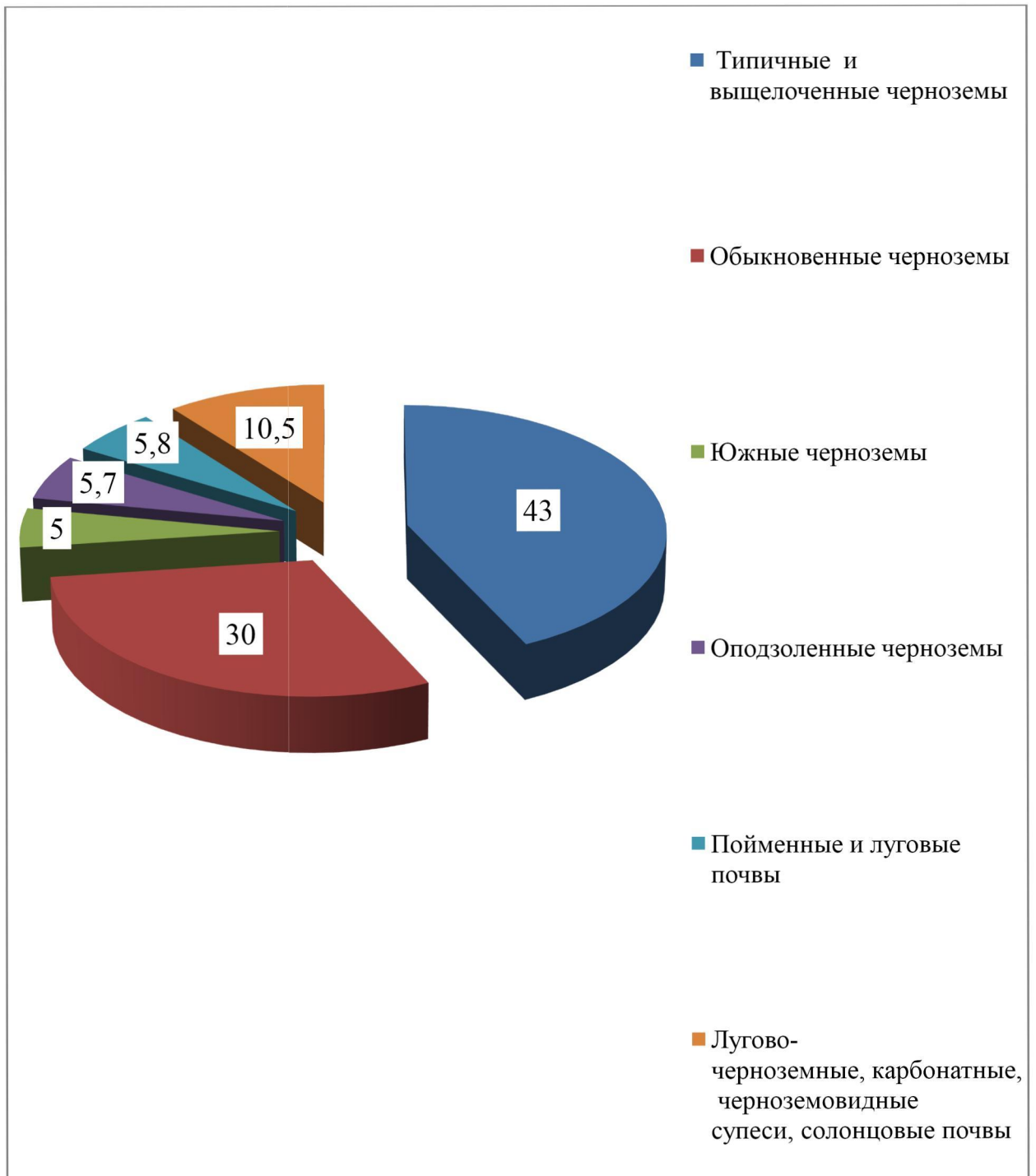


Рисунок 1 – Характеристика почвенного покрова Воронежской области

Южнорусской провинции теплых промерзающих обыкновенных и южных черноземов степи центральной лесостепной и степной почвенно- биоклиматической области [97].

Подзона черноземов типичных тянется широкой полосой от западной до восточной границы Воронежской области, пересекая восточный склон Среднерусской возвышенности, южную часть Окско-Донской низменной равнины и северные склоны Калачской возвышенности. Северная ее граница находится за пределами области и проходит по линии Хлевное - севернее Усмани и Добринки Липецкой области - Шульгино - Сампур - Инжавино Тамбовской области. Южная граница тянется по р. Тихая сосна до г. Острогжска и далее через Лиски, Таловую - Новохоперск - Поворино, отсекая всю южную степную часть Воронежской области. Общая площадь подзоны более 32 тыс. кв. км.

Подзона черноземов обыкновенных занимает южную часть Воронежской области. С севера она ограничена подзоной типичных черноземов, на юге выходит за пределы области. Включает Ольховатский, Россошанский, Каменский, Подгоренский, Верхнемамонский, Калачеевский, Петропавловский, Богучарский, Кантемировский, а также южные части Острогжского, Лискинского, Бобровского, Бутурлиновского, Поворинского районов. На севере в пределы подзоны вклиниваются массивы черноземов типичных, на крайнем юго-востоке появляются черноземы южные (в Богучарском и Кантемировском районах), подзона распространения которых находится за границей области. Общая территория подзоны черноземов обыкновенных составляет 20 тыс. кв. км [30].

Так как основная часть территории Воронежской области представлена почвами черноземного типа (более 80 %) и основная масса исследований приходится на этот тип почв, остановимся более подробно на описании каждого подтипа чернозема отдельно.

Черноземы типичные

Среди других подтипов черноземного типа почв типичные черноземы отличаются наиболее темной окраской верхних горизонтов и хорошо выраженной зернистой структурой, распространяющихся на значительную глуби-

ну, наиболее растянутым гумусовым горизонтом, вскипанием на границе горизонтов В₁ и В₂, отсутствием выраженного элювиального горизонта [14].

Наиболее характерными черноземными признаками обладают черноземы типичные обычного рода, сформировавшиеся на карбонатных лессовидных тяжелых суглинках и легких глинах с пресными грунтовыми водами на глубине 10 - 12 м на Среднерусской возвышенности и 7 - 10 м - в приречных дренированных полосах Окско-Донской равнины. Доминируют черноземы типичные обычного рода среднемошные (мощность А+АВ – 65 - 72 см), редко мощные (82 - 95 см), среднегумусные (6 – 7 % гумуса в пахотном горизонте) и малогумусные (5,3 - 5,9 %), тяжелосуглинистые и легкоглинистые. Черноземы Окско-Донской равнины более гумусированы и содержат в среднем 6,5 - 8 % гумуса. До интенсивной распашки они относились к среднегумусным и тучным (8 - 10 %). В районах, расположенных на Окско-Донской низменной равнине, мощные и среднемошные черноземы имеют 450 - 570 т/га в метровой толще, на Среднерусской возвышенности – 425 - 525 т/га гумуса.

Черноземы типичные имеют хорошие физико-химические свойства, достаточно обеспечены кальцием, промыты от легкорастворимых солей. Реакция от нейтральной в верхних горизонтах до слабощелочной в гор. АВ и щелочной в карбонатном горизонте. В настоящее время их обеспеченность подвижным фосфором средняя, обменным калием - от высокой до средней [30].

Черноземы выщелоченные

Для выщелоченных черноземов характерна, прежде всего, темная окраска в гор. А, относительно растянутый вертикальный профиль, хорошо выраженная комковато-зернистая структура в гор. А, наличие элювиального красно-бурого горизонта В₂ и отсутствие вскипания от соляной кислоты в почвенной толще. Вскипание у них наблюдается в горизонте С.

Мощность генетических горизонтов у выщелоченных черноземов значительно колеблется: гор. А (пахотный и подпахотный) – от 30 до 55 см; гор.

$A+B_1$ – от 40 до 80 см; гор. $A+B_1+B_2$ – от 90 до 140 см. Вскипание варьирует в пределах от 90 до 140 см [14].

Эти почвы не образуют самостоятельной подзоны в Воронежской области, а встречаются в сочетании с черноземами типичными преимущественно к северо-западу от линии Семилуки-Рамонь. Основное распространение получили лишь в Хохольском и Семилукском районах. Содержание гумуса в черноземах выщелоченных почти такое же, как в черноземах типичных, одинакового гранулометрического состава. По обеспеченности подвижным фосфором и обменным калием различия также несущественны. Небольшие различия имеются в их физико-химических свойствах. Черноземы выщелоченные обычно приурочены к лучше увлажненным элементам рельефа. Почвенный профиль их более промыт от карбонатных солей, что привело к отрыву верхней границы карбонатного горизонта от нижней границы гумусового горизонта. В связи с этим в черноземах выщелоченных реакция среды колеблется от близкой к нейтральной до слабокислой в бескарбонатной части профиля, несколько уменьшается насыщенность обменным кальцием [30].

Черноземы обыкновенные

По морфологическим признакам обыкновенные черноземы отличаются от типичных тем, что они имеют несколько укороченный гумусовый горизонт (гор. $A+B_1= 80 - 40$ см), более плотное сложение, хуже выраженную структуру, в меньшей степени выражен псевдомицелий углекислого кальция в гор. B_2 и C или отсутствует совсем, выше вскипание от соляной кислоты. В химическом отношении обыкновенные черноземы беднее гумусом, азотом, фосфором и некоторыми другими элементами. С физико-химической стороны эти почвы несколько более насыщены металлическими катионами и имеют меньшую кислотность, чем типичные черноземы [14].

Эти почвы занимают второе место в области по площади своего распространения. В структуре почвенного покрова доминируют черноземы обыкновенные обычного рода тяжелосуглинистые и легкоглинистые. Нередко они образуют сочетания с карбонатными и солонцеватыми черноземами и

комплексы с автоморфными черноземными солонцами. Черноземы обыкновенные представлены преимущественно среднемошными (А+АВ - 65-72 см), среднегумусными (6,1 - 6,9 % гумуса) и малогумусными (4,4 - 5,6 %) [30].

По террасам рек Черная Калитва, Дон, Криуша, Толучаевка, Хопер распространены черноземы обыкновенные легкосуглинистые и среднесуглинистые малогумусные, но их площадь невелика [29].

В подзоне черноземов обыкновенных Воронежской области наиболее интенсивно развита водная эрозия. Даже на пашне площадь эродированных почв достигает 30 - 45 %.

Черноземы обыкновенные имеют слабощелочную реакцию в гумусовом горизонте и среднешелочную в карбонатной части профиля. Они насыщены обменными основаниями и содержат их около 40 мг-экв/100 г почвы в пахотном горизонте. Они средне обеспечены подвижными формами фосфора и высоко - обменным калием.

Черноземы обыкновенные, сформировавшиеся на супесях и легких суглинках, отличаются от рассмотренных тяжелосуглинистых и глинистых низким содержанием (1,9 – 3 %) и запасом (160 - 270 т/га) гумуса, невысоким содержанием обменных оснований (10 - 20 мг-экв/100 г почвы), нейтральной реакцией среды в гумусовом горизонте, хуже обеспечены подвижными формами фосфора и обменного калия [30].

Черноземы южные

Южные черноземы Воронежской области отличаются коротким профилем гумусового горизонта, высоким вскипанием и хорошо выраженной белоглазкой в нижней части гор. В, и особенно в горизонте С. Мощность генетических горизонтов, включая эродированные варианты, колеблется: гор. А= 18 - 40 см, гор. А+В = 70 - 100 см, А+В+С=130 - 180 см, вскипание на 18 - 30 см [14].

Это последнее звено черноземного почвообразования. Они появляются на крайнем юго-востоке Воронежской области, имея здесь переходный характер. Профиль их имеет такое же строение, как и у черноземов обыкновен-

ных, но он более укорочен. В нем ближе к поверхности подтянуты карбонаты, гипс и легкорастворимые соли, что обусловлено сухим и континентальным климатом, значительным превышением испаряемости над годовой суммой осадков (425 - 450 мм), высокой летней температурой и суммой температур выше 10 °С, равной 2800 – 2900 °С. Все агрофизические, агрохимические и физико-химические показатели у них хуже, чем у черноземов обыкновенных. Они относятся к малогумусным среднemosным почвам. Количество гумуса в пахотном горизонте колеблется в пределах 3,6 - 5,5 % и заметно снижается с глубиной до 1,2 - 1,9 % в слое 55 - 65 см. Запас гумуса 275 - 385 т/га в метровой толще [30].

Черноземы составляют основной фонд почвенного покрова Воронежской области. Площадь распаханых черноземов на 01.01.2013 года составляет – 2377,4 тыс. га, или 83,5 % площади всей пашни. По обобщенным данным, значения которых используют при расчете показателя почвенного плодородия для пахотных почв области, черноземы имеют следующие агрохимические показатели: содержание гумуса – 5,6 %, содержание подвижного фосфора и обменного калия – соответственно 89 и 110 мг/кг, обменная кислотность – 5,9.

В подзонах типичных и обыкновенных черноземов в силу неоднородности местных геологических, геоморфологических условий и растительного покрова встречаются почвы других типов и подтипов. Интразональные или сопутствующие почвы имеют меньшую площадь распространения, чем черноземы. Но занимая часто незначительную площадь, сильно отличаясь по всем свойствам и агрономическим качествам от преобладающих почв, они создают известную пестроту почвенного покрова данного природного района, которую необходимо учитывать при планировании и практическом осуществлении агротехнических мероприятий [14].

Почвенный покров подзон представлен большим разнообразием сопутствующих почв, однако их можно объединить в 3 основных типа почв, которые получили наибольшее распространение в Воронежской области: лугово –

черноземные – 85,5 тыс. га, пойменные – 165,1 тыс. га и солонцы с площадью 218,6 тыс. га, или 7,6 % от площади пашни. При этом по обобщенным данным агрохимслужбы на 01.01 2013 года они имеют следующие агрохимические показатели:

лугово-черноземные почвы - содержание гумуса – 7,1 %, содержание подвижного фосфора - 117 мг/кг и обменного калия – 129 мг/кг, обменная кислотность – 5,8;

пойменные почвы - содержание гумуса – 3,7 %, содержание подвижного фосфора - 48 мг/кг и обменного калия – 82 мг/кг, обменная кислотность – 6,1;

солонцы – содержание гумуса – 2,5 %, содержание подвижного фосфора и обменного калия – соответственно 40 и 25 мг/кг, водная вытяжка – 8,5 %.

2.3 Методика исследований

Исследования по изучению динамики плодородия почв Воронежской области в зависимости от уровня применения удобрений проводились за период с 1964 по 2010 год.

В работе использовались архивные материалы агрохимического обследования, проведенного Государственным центром агрохимической службы «Воронежский». Отбор почвенных проб проводился согласно общесоюзной инструкции по крупномасштабным почвенным и агрохимическим исследованиям территорий колхозов и совхозов (1964 г.) [201], а в настоящее время согласно «Методическим указаниям по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения», утвержденным 17.09.03 г. Президентом Российской академии сельскохозяйственных наук Г.А. Романенко и 24.09.03 г. Министром сельского хозяйства Российской Федерации А.В. Гордеевым [161].

Периодичность агрохимобследования почв для хозяйств, применяющих ежегодно более 60 кг д.в. (по каждому виду минеральных удобрений NPK), - 5 лет.

При отборе почвенных образцов используется понятие элементарный участок. Элементарный участок – площадь сельскохозяйственного угодья, характеризующаяся одной объединенной пробой. Объединенная проба состоит из 20 - 40 точечных проб, в зависимости от пестроты почвенного покрова и степени эродированности почв. Размер элементарного участка на пашне для Воронежской области определен и составляет для лесостепной зоны – 15 га, а для степной - 25 га.

Отбор точечных проб в пределах элементарного участка осуществляется методом маршрутного хода. На пахотных почвах точечные пробы отбирают на глубину пахотного слоя (0 - 25; 0 - 30 см).

С 2009 года агрохимический центр «Воронежский» стал проводить обследование почв сельхозугодий современными методами, предусматривающими использование GPS-оборудования с точным фиксированием места отбора проб, автоматического пробоотборника, а также специального программного обеспечения для создания картограмм содержания питательных элементов.

Согласно методике отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного применения удобрений [159] взятие средней пробы стало осуществляться на площади от 1 до 10 га.

Баланс питательных элементов в земледелии Воронежской области за период с 1979 по 2010 год был рассчитан методом А.В. Петербургского (1979) [219]. Баланс гумуса рассчитан по методике А.М. Лыкова (1976) [150]. Данные по продуктивности и валовому сбору основных сельскохозяйственных культур (озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, подсолнечник), а также применению минеральных, органических удобрений и мелиорантов были взяты из статистических отчетов Воронежской области.

Исследования влияния глауконитов и фосфоритов на плодородие черноземов и урожайность сельскохозяйственных культур проведены в 2003 - 2010 гг. в ЗАО «Земляное» Семилукского района Воронежской области, химических мелиорантов (дефеката) - в 2007 – 2010 гг. в хозяйствах ЗАО «Путь Ленина», ЗАО им. Ленина Аннинского района на площади 1888 га, в 2007 – 2011 гг. - в хозяйствах ООО МТС «Агросервис» Верхнехавского, ООО «Воронежская Земля» Новоусманского, КФХ Князев Хохольского районов соответственно на площади 1826, 1147, 2480 га и в 2010 – 2011 гг. - в хозяйствах ООО «Масловский» Новоусманского, ООО «Агролидер» Эртильского районов соответственно на площади 505 и 1028 га, а также сыромолотого мела - в 2003-2007 гг. на базе колхоза им. К.Маркса Семилукского района Воронежской области.

Стационарный производственный опыт с глауконитами был заложен в 2003 году на поле площадью 76 га, в т.ч. площадь под опытом - 27 га. Из указанной площади 10,2 га – контроль; на 16,8 га внесен глауконит (8,4 га – глауконит в дозе 80 кг/га д.в. K_2O и 8,4 га соответственно 160 кг/га д.в. K_2O). Схема опыта включала варианты: 1) контроль – без удобрений; 2) глауконит – 2,5 т/га (80 кг/га д.в. K_2O); 3) глауконит – 5 т/га (160 кг/га д.в. K_2O).

Глауконит внесен весной 2003 года разбрасывателем минеральных удобрений РУМ-8 с дальнейшим боронованием почвы. В последующие годы изучали его последствие на плодородие почвы, урожай сельскохозяйственных культур.

Стационарный производственный опыт с фосфоритами был заложен в 2003 году на поле площадью 91га, в т.ч. площадь под опытом - 40 га. Схема опыта включала варианты: 1) контроль – без удобрений; 2) фосфориты (100 кг/га д.в. P_2O_5); 3) фосфориты + дефекат (100 кг/га д.в. P_2O_5 + 15,0 т/га).

Фосфориты в производственных опытах внесены разбрасывателем минеральных удобрений РУМ-8 с последующим боронованием почвы. Дефекат Хохольского сахарного завода внесен с разрывом один месяц. Расчет доз дефеката проводился по величине гидролитической кислотности, фосфоритов –

балансовым методом по фосфору. В последующие годы изучали последствие фосфоритной муки на плодородие почвы, урожай сельскохозяйственных культур.

Производственные опыты по изучению эффективности сыромолотого мела были заложены в 2003 году на полях № 9 (опыт 1) и № 7 (опыт 2) площадью соответственно 125 га (в т.ч. площадь под опытом - 60 га) и 142 га (в т.ч. площадь под опытом - 40 га). Схема опыта включала варианты: Опыт №1 - 1) контроль – без удобрений; 2) мел – 6 т/га; 3) мел – 8 т/га. Опыт №2 - 1) контроль – без удобрений; 2) мел – 5 т/га; 3) мел – 10 т/га.

Мел в производственных опытах внесен разбрасывателем минеральных удобрений РУМ-8 с последующим боронованием почвы. Расчет доз мела проводился по величине гидролитической кислотности. В последующие годы изучали последствие сыромолотого мела на плодородие почвы.

Агротехника возделывания общепринятая в соответствии с системой земледелия Воронежской области.

При закладке и проведении опытов использовали общепринятую методику. Проводились фенологические наблюдения, отбор смешанных образцов. Учет урожая в опыте проводили площадным методом. Химические анализы растительных, почвенных образцов и удобрительных средств (глауконита, фосфорита, дефеката и сыромолотого мела), а также почвенных образцов при сплошном агрохимическом обследовании проводились в лабораториях Государственного агрохимического центра «Воронежский» и ФГБУ ЦАС «Таловская» по следующим методикам:

- отбор почвенных проб (ГОСТ 28168-89);
- определение подвижных форм фосфора и обменного калия на некарбонатных почвах - по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204 - 91);
- определение подвижных форм фосфора и обменного калия в карбонатных почвах - по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205 - 91);

- определение рН солевой вытяжки - по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483 - 85);
- определение гидролитической кислотности - по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212 - 91);
- определение суммы поглощенных оснований - по методу Каппена - Гильковица (ГОСТ 27821 - 88);
- определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния по методу ЦИНАО (ГОСТ 26487 - 85);
- определение содержания гумуса - по методу Тюринга в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213 - 91);
- содержание тяжелых металлов «микроэлементов» (подвижные формы) - атомно-абсорбционным методом, в ацетатно-аммонийной вытяжке с рН = 4,8 в соответствии с Методическими указаниями (Москва, 1982 и 1992 гг.);
- содержание тяжелых металлов (кислотнорастворимые формы) - атомно-абсорбционным методом, в (HNO₃) в соответствии с Методическими указаниями (Москва, 1982 и 1992 гг.).

Анализы растений:

- определение белкового азота в зерне озимой пшеницы – по Барнштейну (ГОСТ 10846 – 91);
- определение клейковины в пшенице – по Ермакову (ГОСТ 135861 - 68);
- определение качества сырой клейковины (ИДК) (ГОСТ 13586.1 – 68);
- определение урожайности - весовым методом [229, 230].

Статистическая обработка результатов мониторинга плодородия почв и урожайных данных выполнена методами корреляционного, регрессионного, дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова (1985) с помощью программы STATISTIKA 5,5 и процессора электронных таблиц Microsoft Excel XP [79].

Анализы удобрений:

- удобрения минеральные. Методы отбора и подготовки проб (ГОСТ

21560.0-82-21560.5.82);

- удобрения минеральные. Методы определения массовой доли калия (с поправкой) (ГОСТ 20851.3-93);

- удобрения органические. Метод определения общего азота (ГОСТ 26715-85);

- удобрения органические. Метод определения общего фосфора (ГОСТ 26717-85);

- удобрения органические. Метод определения общего калия (ГОСТ 26718-85);

- удобрения органические. Методы определения pH (ГОСТ 27979-88);

- удобрения минеральные. Методы определения воды (ГОСТ 20851.4-93);

Глава III МОНИТОРИНГ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ПЕРИОД С 1964 ПО 2010 г.

Основным условием стабильного развития агропромышленного комплекса и источником расширения сельскохозяйственного производства является сохранение, воспроизводство и рациональное использование плодородия земель сельскохозяйственного назначения. Для прогнозирования и учета состояния плодородия и продуктивности земель сельскохозяйственных угодий регулярно проводится мониторинг состояния почвенного плодородия на основании результатов крупномасштабного агрохимического обследования почв, основные показатели которого должны характеризовать состояние плодородия почв как во времени, так и в пространстве [126].

Выполнение программы повышения плодородия почв во многом зависит от своевременного и качественного агрохимического обследования и разработки на этой основе рекомендаций по повышению плодородия.

Для разработки мероприятий по поддержанию и повышению плодородия почв, составлению прогноза возможных его изменений особое значение имеет многолетняя динамика содержания подвижного фосфора, обменного калия, кислотности и гумуса [85].

Нами проведен анализ изменения основных агрохимических показателей плодородия почв пашни Воронежской области за 46 лет. За начальную точку отсчета средневзвешенных показателей содержания питательных элементов в почве мы взяли 1964 год, а дополнительное поступление их в почву с минеральными и органическими удобрениями – с 1976 года.

3.1 Динамика содержания подвижного фосфора в зависимости от уровня применения удобрений в почвах пашни Воронежской области

Фосфор является одним из главных элементов питания растений. Он участвует в важнейших физиолого-биохимических процессах, протекающих в растительном организме. По современным представлениям ему принадлежит исключительная роль в энергетике живой клетки благодаря образованию фосфорорганических соединений с большими запасами свободной энергии, которые необходимы для осуществления процессов как поглощения элементов питания, так и синтеза и обмена веществ в растениях. В связи с этим своевременное удовлетворение потребности растений в фосфоре является одним из главных условий формирования высоких урожаев сельскохозяйственных культур [16].

Обеспеченность сельскохозяйственных культур подвижным фосфором зависит как от почвенно-климатических, так и от антропогенных факторов. В естественном состоянии почва содержит незначительное количество доступных для растений фосфатов, даже при очень высоком содержании валовых форм. Это обусловлено постоянной трансформацией соединений фосфора в почве и вовлечением его в фосфорорганические соединения [80].

В целинных черноземах изначально в гумусовом слое - 0,22 - 0,24 % валового фосфора, при содержании 25 – 42 мг/кг доступных для растений фосфатов. Черноземы, длительно используемые в пашне, характеризуются более высокой обеспеченностью фосфором по сравнению с целинными аналогами вследствие изменения условий почвообразования и за счет внесения органических и минеральных удобрений, которые являются мощным фактором изменения пищевого режима [34, 109, 155].

Следовательно, на содержание подвижного фосфора в почве большое влияние оказывает уровень применения фосфорсодержащих удобрений.

Динамика поступления фосфора с минеральными и органическими удобрениями в почвы пашни Воронежской области за период с 1976 по 2010 г. представлена на рисунке 2 и в приложении А.



Рисунок 2 – Поступление фосфора с минеральными и органическими удобрениями по турам агрохимического обследования в пашню Воронежской области

Как видно из представленных данных, за годы проведенного обследования в динамике поступления фосфора с удобрениями наблюдаются значительные колебания. Так, со второго тура агрохимического обследования по четвертый поступление фосфора в почвы с удобрениями постоянно увеличивается, а с пятого (1991-1995 гг.) уменьшается, в шестом цикле отмечено самое низкое поступление фосфора с органическими и минеральными удобрениями и только с 2001 года, или седьмого тура агрохимического обследования, отмечается тенденция увеличения поступления фосфора с удобрениями в почвы области.

Так, если в 1976-1978 гг. (II цикл агрохимического обследования) в пашню Воронежской области среднегодовое поступление фосфора с минеральными и органическими удобрениями составило 21,8 кг/га д.в., в третьем - 26,5 кг/га д.в., что на 4,7 кг/га д.в. больше, чем во втором туре, то в четвертом оно возросло практически вдвое и составило 43,5 кг/га д.в. За период 1991-1995 гг. ежегодное поступление этого элемента в почвы с удобрениями снизилось на 16,1 кг/га д.в. по сравнению с предыдущим туром и составило 27,4 кг/га д.в. С 1996 года, или с шестого тура агрохимического обследования, поступление фосфора с минеральными и органическими удобрениями в почвы области резко сократилось и составило 8,3 кг/га д.в., что в 3 раза меньше, чем в пятом туре, что, на наш взгляд, связано с глубоким экономическим кризисом в сельском хозяйстве, диспаритетом цен на удобрения и сельскохозяйственную продукцию.

Однако за последние 10 лет (VII - VIII туры) наблюдается тенденция увеличения поступления фосфора в почвы. Если за период 2001-2005 гг. поступление фосфора возросло в среднем на 1,7 кг/га д.в. по сравнению с шестым туром и составило 10,0 кг/га д.в., то в восьмом туре (2006-2010 гг.) это увеличение составило - 4 кг/га д.в., или 14,0 кг/га д.в. по сравнению с предыдущим туром.

Наличие доступных для растений соединений фосфора и калия в почвах – один из основных показателей ее плодородия, который определяет урожайность всех сельскохозяйственных культур. На черноземах чаще всего в первом минимуме находится фосфор [204].

В практике агрохимслужбы оценку обеспеченности растений фосфором проводят по содержанию в почве его подвижных форм. Динамика содержания подвижного фосфора в почвах Воронежской области проанализирована за период с 1964 по 2010 г. (I - VIII туры). Средневзвешенное содержание подвижного фосфора с 1964 по 1970 г. (I тур) мы определили как начальную точку базы данных агрохимического обследования, так как до этого

периода агрохимическое обследование почв пашни Воронежской области не проводилось.

Результаты наблюдений за динамикой средневзвешенного содержания подвижного фосфора по турам в почвах области представлены на рисунке 3 и приложении Б1.

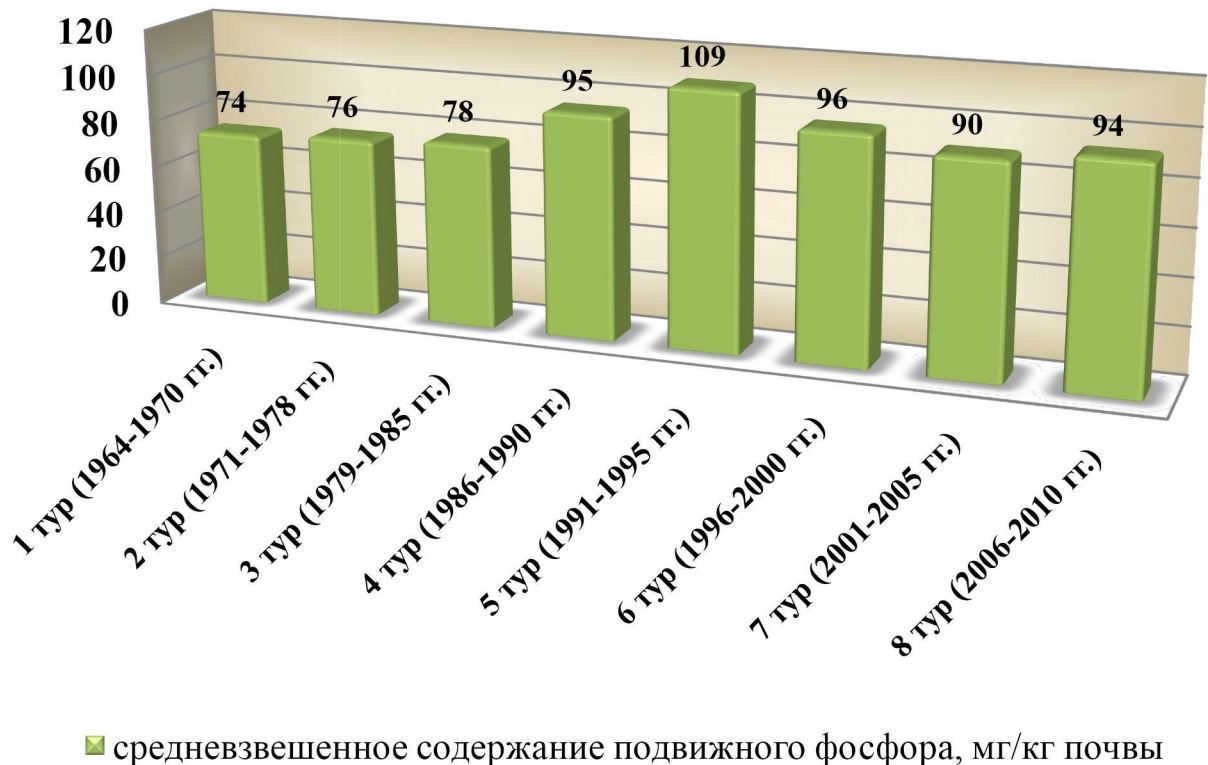


Рисунок 3 – Динамика средневзвешенного содержания подвижного фосфора по турам агрохимического обследования в почвах пашни Воронежской области

Анализ данных агрохимического обследования показал рост содержания подвижных фосфатов в почве за период между I и V турами (1964-1995 гг.): увеличение его содержания в пахотном горизонте составило в среднем по области 35 мг/кг (с 74 до 109 мг/кг почвы). Это, на наш взгляд, связано с устойчивым ростом применения удобрений в этот период. Так, если в 1976 – 1978 гг. (II тур) в пашню Воронежской области среднегодовое

поступление фосфора с минеральными и органическими удобрениями составило 21,8 кг/га д.в., то в четвертом туре (1986-1990 гг.) оно возросло практически вдвое и составило на 1 га 43,5 д.в..

Начиная с шестого тура (1996-2000 гг.) агрохимического обследования наблюдается тенденция снижения средневзвешенного содержания подвижного фосфора в почвах с 109 до 96 мг/кг почвы. Снижение содержания подвижного фосфора продолжалось и в седьмом туре и составило 90 мг/кг, что на 6 мг/кг меньше по сравнению с прошлым туром, что связано с резким снижением объемов применения удобрения, которое начинает оказывать негативное влияние на этот показатель.

Однако по результатам восьмого тура, начатого в 2006 году, видно, что наметилась тенденция увеличения средневзвешенного содержания подвижного фосфора до 94 мг/кг, что на 4 мг/кг больше, чем в седьмом туре. Это, по-видимому, объясняется ростом применения фосфорных удобрений в нашей области.

Таким образом, в целом по области за 46 лет агрохимических наблюдений средневзвешенное содержание подвижного фосфора увеличилось на 20 мг/кг и в VIII туре составило 94 мг/кг почвы, что на 27 % больше относительно I тура. В 11 обследуемых районах области отмечено повышенное содержание подвижного фосфора (Аннинский, Бобровский, Бутурлиновский, Верхнехавский, Грибановский, Каширский, Новохоперский, Панинский, Рамонский, Терновский, Эртильский), количество которого варьирует в пределах от 102 до 119 мг/кг, в остальных - от 69 до 100 мг/кг.

Анализируя по турам динамику средневзвешенного содержания подвижного фосфора в почвах области, необходимо отметить и произошедшие изменения в распределении площадей по классам обеспеченности этого показателя (таблица 2, приложение Б 1).

В первом туре площадь почв с очень низким и низким содержанием подвижного фосфора составила 24,8 % от обследуемой, со средним – 58,5 %, с повышенным - 13,7 %, с высоким и очень высоким – 3,0 % (рисунок 4). В

Таблица 2 - Распределение пахотных почв Воронежской области по содержанию подвижного фосфора, %

Тур	Годы обследования	Площадь с содержанием подвижного фосфора					
		очень низкое	низкое	среднее	повышенное	высокое	очень высокое
I	1964-1970	3,5	21,3	58,5	13,7	1,6	1,4
II	1971-1978	4,2	19,4	58,4	14,2	2,1	1,7
III	1979-1985	3,3	17,4	53,9	18,4	5,1	1,9
IV	1986-1990	1,6	11,7	48,7	26,2	8,6	3,2
V	1991-1995	0,7	8,2	36,2	35,1	16,2	3,6
VI	1996-2000	0,8	13,9	45,4	27,5	10,0	2,4
VII	2001-2005	0,9	16,4	48,5	25,3	7,4	1,5
VIII	2006-2010	1,0	9,1	50,6	32,1	6,2	1,0

каждом последующем туре агрохимического обследования, до пятого тура включительно, наблюдалась тенденция снижения площадей с очень низким, низким и средним содержанием подвижного фосфора и переходом их в более высокую группу обеспеченности, с увеличением площадей с повышенным, высоким и очень высоким содержанием.

Так, в пятом туре (1991-1995 гг.) площадь пашни с очень низким и низким содержанием составила 8,9 %, со средним содержанием - 36,2 %, что соответственно на 15,9 и 22,3 % меньше по сравнению с первым туром агрохимического обследования. Площади пашни с повышенной, высокой и очень высокой обеспеченностью подвижным фосфором составили 54,9 % от обследуемой, или на 38,2 % больше, чем в первом туре (рисунок 5).

За последующие 10 лет (1996-2005 гг.) агрохимического обследования наблюдается обратная картина перехода площадей с высокой обеспеченностью в группы с более низким содержанием подвижного фосфора. Так, в шестом туре площади пашни с очень низким, низким и средним содержанием увеличились по сравнению с пятым туром на 15 %, а в седьмом - на 20,7 % и составили 60,1 и 65,8 % от обследуемой в шестом и седьмом турах соответственно. Площадь с повышенным, высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора снизилась и в шестом туре составила 39,9 %, в седьмом

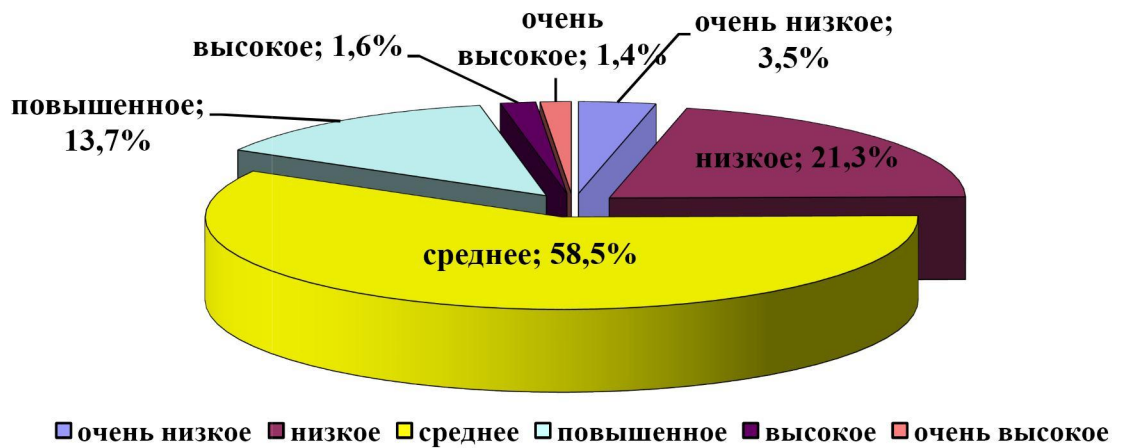


Рисунок 4 – Распределение площади пашни по содержанию подвижного фосфора за I тур агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

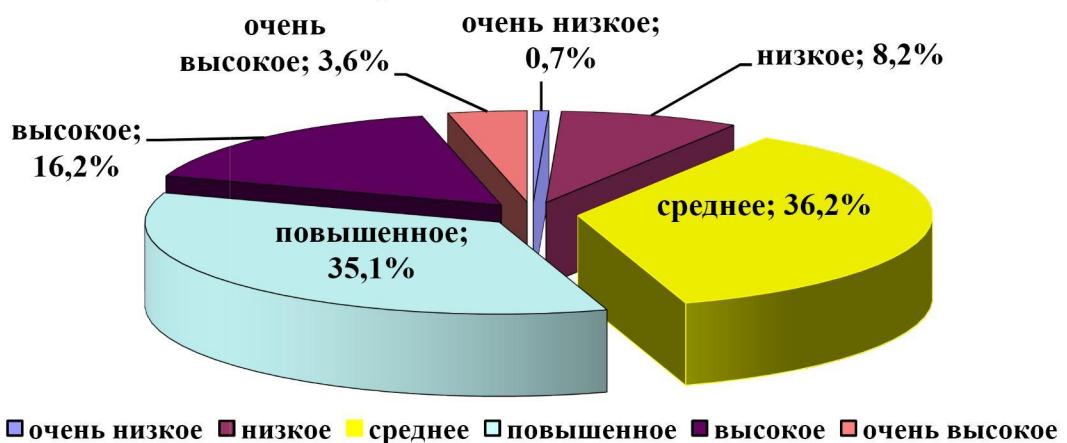


Рисунок 5 – Распределение площади пашни по содержанию подвижного фосфора за V тур агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

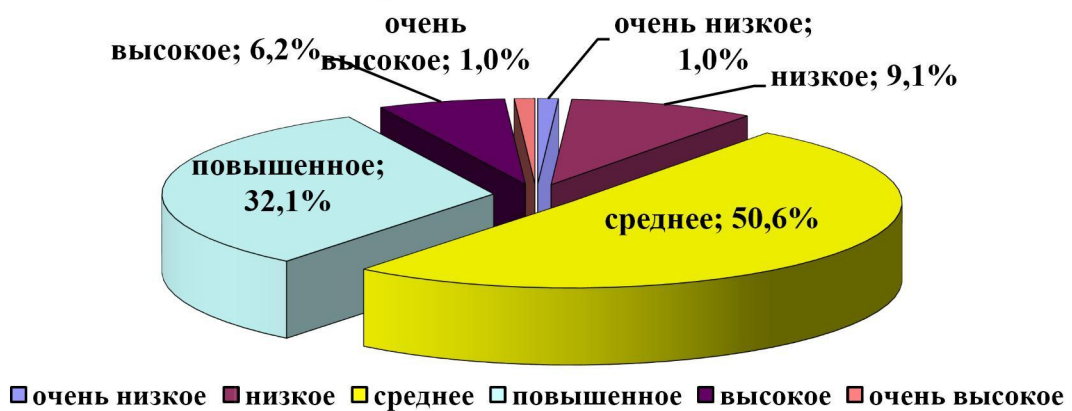


Рисунок 6 – Распределение площади пашни по содержанию подвижного фосфора за VIII тур агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

- 34,2 %.

По данным восьмого тура (2006-2010 гг.) агрохимического обследования наметилась тенденция снижения площади с очень низким и низким содержанием подвижного фосфора, которая составила 10,1 %, что на 7,2 % меньше по сравнению с предыдущим туром (рисунок 6). Площадь со средним содержанием подвижного фосфора продолжала увеличиваться за счет уменьшения площадей с очень низким и низким содержанием и составила 50,6 % от обследуемой, или на 2,1 % больше, чем в седьмом туре. Устойчивая тенденция снижения площадей пашни с высокой и очень высокой степенью обеспеченности сохранилась и в восьмом туре и составила 7,2 %, или на 1,7 % меньше, чем в прошлом туре. За счет сокращения площадей с высоким и очень высоким содержанием произошло увеличение площади с повышенным содержанием подвижного фосфора, которая составила от обследуемой площади в восьмом туре 32,1 %, что на 6,8 % больше по сравнению с седьмым туром агрохимических наблюдений.

Следовательно, за первые пять циклов (1964-1995 гг.) агрохимического обследования мы наблюдали улучшение фосфатного режима почв. Начиная с первого тура (1964-1970 гг.) площади пашни с очень низким, низким и средним содержанием уменьшались и переходили в более высокую группу обеспеченности подвижным фосфором (с повышенным, высоким и очень высоким содержанием). Однако с VI тура (1996-2000 гг.) произошло перераспределение почв по классам обеспеченности. Наметилась тенденция уменьшения площадей с повышенным, высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора, что еще раз подтверждает негативное влияние последствий резкого сокращения применения удобрений в нашей стране, начатых в 90-е годы прошлого столетия, и только с восьмого тура наблюдается положительная тенденция увеличения площади с повышенным содержанием подвижного фосфора.

Таким образом, фосфатный режим почв тесным образом связан с объемами применения фосфорсодержащих удобрений.

3.2 Динамика содержания обменного калия в зависимости от уровня применения удобрений в почвах пашни Воронежской области

Калий является одним из основных зольных макроэлементов. Его роль в питании растений более отчетливо проявляется на фоне высокого использования фосфора и азота. Вынос калия с урожаем всегда больше, чем фосфора, а часто и азота. Оптимальное калийное питание повышает крахмалистость и вкусовые качества картофеля, сахаристость корнеплодов сахарной свеклы, накопление жира в семенах масличных культур, улучшает выполненность зерна злаковых культур. При недостатке калия задерживается синтез и накапливается небелковый азот. Использование калийных удобрений на почвах (особенно легкого гранулометрического состава), загрязненных радионуклидами, снижает транслокацию радиоцезия в растения [213].

Значительное истощение почвенного калийного фонда может привести не только к снижению продуктивности выращиваемых культур, но и к утрате экологических и хозяйственных функций почвы.

Основная часть почвенного калия представлена малорастворимыми алюмосиликатными минералами и лишь в процессе их выветривания становится доступной для растений. Целинные черноземы ЦЧР содержат 1,6 - 1,7 % валового калия в верхней части гумусово-аккумулятивного горизонта и 1,2 – 1,4 % - в материнской породе [148].

Основным источником поступления калия в почвы, который обеспечивает увеличение содержания его подвижных форм, является систематическое применение минеральных и органических удобрений [171, 292].

Опыт мирового и отечественного земледелия показывает, что для получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур необходимо применять калийные удобрения, так как только при достаточном калийном питании оптимизируются основные функции растительного организма [121].

Динамика поступления калия с минеральными и органическими удобрениями в пашню Воронежской области аналогична динамике фосфора. За

период с 1976 по 1990 г. (II – IV туры агрохимического обследования) наблюдается увеличение поступления этого элемента в почвы с удобрениями (рисунок 7, приложение А).



Рисунок 7 – Поступление калия с минеральными и органическими удобрениями по турам агрохимического обследования в пашню Воронежской области

Если по результатам агрохимического обследования второго тура среднегодовое поступление калия с удобрениями в почвы области составило 35,0 кг/га д.в., в третьем - 41,0 кг/га д.в., то в четвертом - 42,6 кг/га д.в., или на 7,6 и 1,6 кг/га д.в. больше, чем во втором и третьем турах соответственно. За последующий пятилетний цикл обследования (1991-1995 гг.) происходит постепенное снижение поступления калия с минеральными и органическими удобрениями в почвы до 28,5 кг/га д.в., что на 14,1 кг/га д.в. меньше по сравнению с прошлым туром. Пик резкого снижения поступления этого элемента в почвы Воронежской области приходится так же, как и фосфора, на период с

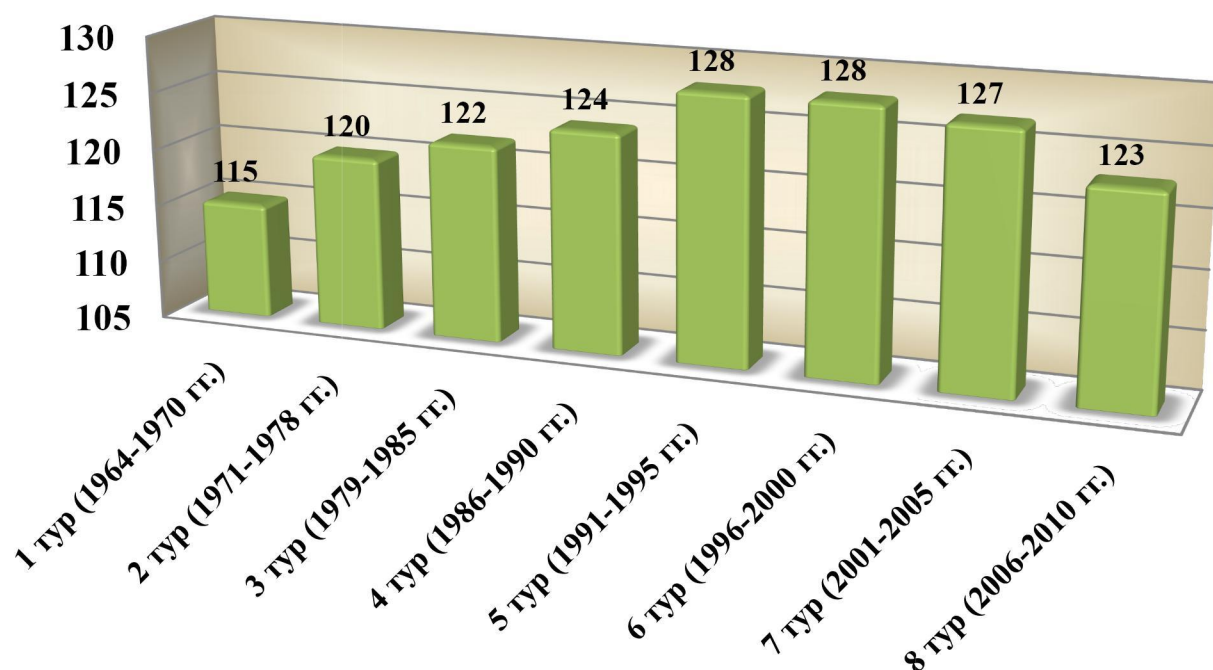
1996 по 2000 г., или шестой цикл агрохимического обследования, где его среднегодовое количество снизилось до 12,4 кг/га д.в., что в 2,3 раза меньше, чем в пятом туре. Однако начиная с седьмого тура прослеживается положительная тенденция увеличения поступления калия с удобрениями в почвы, и оно составило 13,8 кг/га д.в., а в восьмом – 18,5 кг/га д.в., что соответственно на 1,4 и 6,1 кг/га д.в. больше по сравнению с шестым туром агрохимического обследования.

На основе обобщения исследований, проведенных в ЦЧР П.Г. Акуловым (1992), предложены оптимальные уровни содержания обменного калия в пахотных почвах: для оподзоленного чернозема – 100 - 140, для выщелоченного – 120 - 150, для типичного – 140 - 160, для обыкновенного – 170 - 180 мг/кг почвы [20].

По данным наших наблюдений, средневзвешенное содержание обменного калия в почвах Воронежской области за 46 лет агрохимического обследования оставалось примерно на одном уровне (115 - 128 мг/кг почвы) (рисунок 8, приложение Б 2). Так, начиная с III тура (1979-1985 гг.) агрохимического обследования содержание обменного калия изменялось в пределах одного класса обеспеченности - высокое (122 - 128 мг/кг почвы).

Однако если рассматривать динамику между турами, то некоторые тенденции все же можно отметить. Если в первом туре агрохимического обследования средневзвешенное содержание обменного калия составило 115 мг/кг, то во втором – 120 мг/кг, что на 5 мг/кг больше, чем в первом туре.

За период с 1979 по 1995 гг. (III - V циклы) в каждом последующем туре продолжалось увеличение содержания обменного калия и составило в пятом туре 128 мг/кг почвы, что на 6 и 4 мг/кг больше по сравнению соответственно с третьим и четвертым циклом. В шестом туре средневзвешенное содержание обменного калия не изменилось и оставалось на уровне предыдущего тура – 128 мг/кг почвы. Однако начиная с 2001 года, или с седьмого тура агрохимического обследования, наблюдается тенденция снижения содержания обменного калия в почве до 127 мг/кг, а в восьмом - до 123 мг/кг, или



■ средневзвешенное содержание обменного калия, мг/кг почвы

Рисунок 8 – Динамика средневзвешенного содержания обменного калия по турам агрохимического обследования в почвах пашни Воронежской области

соответственно на 1 и 5 мг/кг меньше по сравнению с шестым туром.

Таким образом, за восемь циклов агрохимического обследования (1964-2010 гг.) средневзвешенное содержание обменного калия в почвах области увеличилось на 8 мг/кг. Незначительные изменения в содержании обменного калия в почвах области связаны, на наш взгляд, во-первых, с высокими потенциальными запасами калия в черноземных почвах и, во-вторых, со способностью перехода одной формы калия в другую.

Произошло и изменение распределения площадей по группам обеспеченности обменным калием (таблица 3, приложение Б 2).

Из представленных данных видно, что в первом туре агрохимического обследования распределение площадей почв по классам обеспеченности об-

Таблица 3 - Распределение пахотных почв Воронежской области по содержанию обменного калия, %

Тур	Годы обследования	Площадь с содержанием обменного калия					
		очень низкое	низкое	среднее	повышенное	высокое	очень высокое
I	1964-1970	0,3	2,9	10,0	21,1	37,9	27,8
II	1971-1978	0,1	0,9	11,9	42,4	36,1	8,6
III	1979-1985	0,1	0,3	8,5	40,4	40,8	9,9
IV	1986-1990	0,1	0,5	9,4	37,8	44,4	7,8
V	1991-1995	0,1	0,5	9,5	30,7	48,7	10,5
VI	1996-2000	0,1	0,6	8,5	32,0	50,3	8,5
VII	2001-2005	0,1	0,7	10,7	32,4	46,6	9,5
VIII	2006-2010	0,1	0,9	11,3	37,0	43,9	6,8

менным калием в почвах Воронежской области отличалось от распределения площадей подвижным фосфором того же периода.

Так, в первом туре (1964-1970 гг.) площадь пашни с очень низким и низким содержанием обменного калия составила 3,2 %, со средним содержанием - 10,0 %, с повышенным – 21,1 %, с высоким – 37,9 % и очень высоким – 27,8 % от обследуемой (рисунок 9). За период между первым и пятым турами (1964-1995 гг.) произошло снижение площадей с очень низким и низким содержанием до 0,6 %, со средним содержанием – до 9,5 %, что соответственно на 2,6 и 0,5 % меньше по сравнению с первым циклом агрохимического обследования (рисунок 10). В то же время произошло увеличение площадей с повышенным и высоким содержанием обменного калия на 9,6 и 10,8 % по сравнению с первым туром и составило соответственно 30,7 и 48,7 % от обследуемой площади в пятом туре. Необходимо отметить тенденцию снижения площади с очень высоким содержанием обменного калия и переходом ее в более низкий класс обеспеченности. В пятом туре площадь с очень высоким содержанием обменного калия составила 10,5 %, что на 17,3 % меньше, чем в первом туре.

Незначительное перераспределение площадей произошло в шестом туре агрохимических наблюдений. Площадь пашни с очень низким и низким

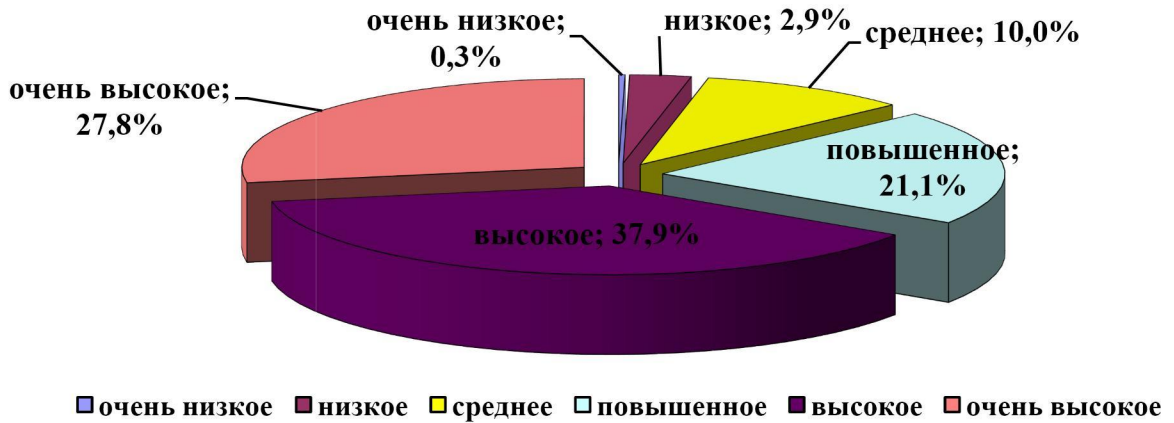


Рисунок 9 – Распределение площади пашни по содержанию обменного калия за I тур агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

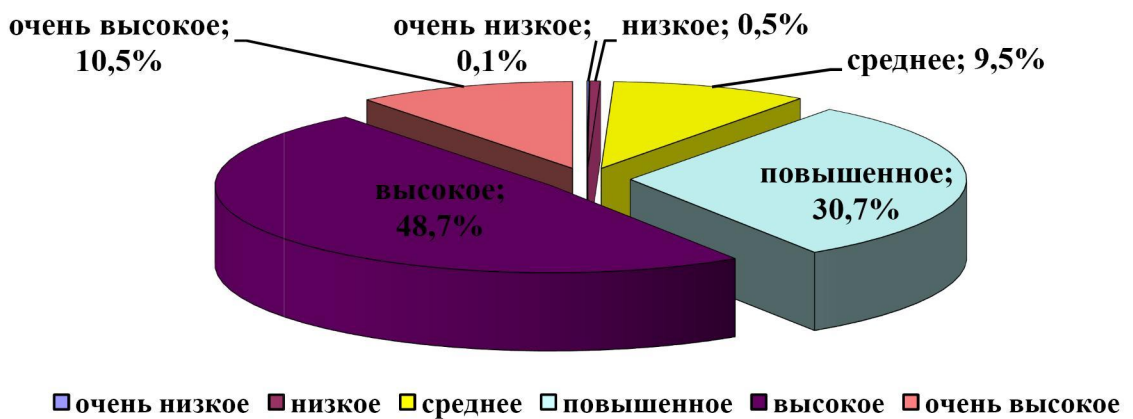


Рисунок 10 – Распределение площади пашни по содержанию обменного калия за V тур агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

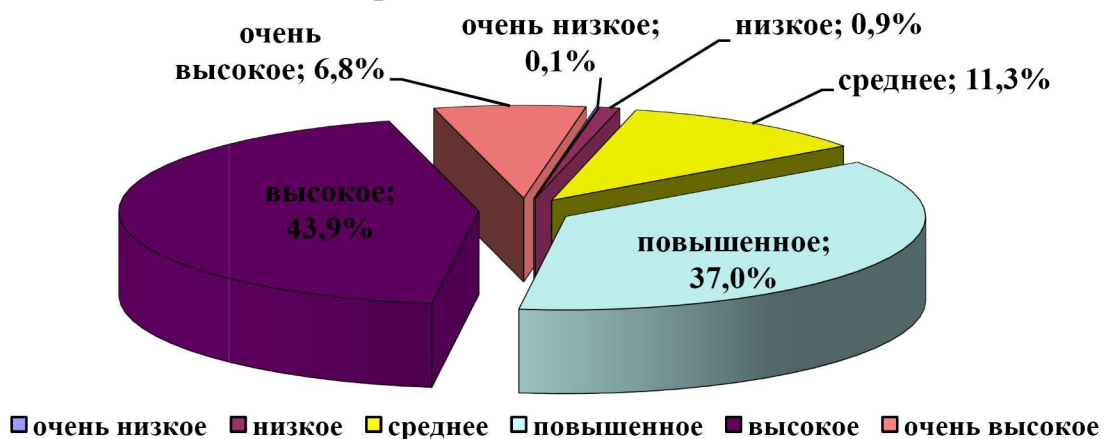


Рисунок 11 – Распределение площади пашни по содержанию обменного калия за VIII тур агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

содержанием составила 0,7 %, что всего лишь на 0,1 % больше по сравнению с предыдущим туром, со средним содержанием - 8,5 %, что на 1 % меньше, с повышенным и высоким содержанием - 32,0 и 50,3 % от обследуемой в шестом туре, или соответственно на 1,3 и 1,6 % больше по сравнению с пятым туром. Устойчивая тенденция снижения площади пашни с очень высоким содержанием обменного калия сохранилась и в шестом туре агрохимического обследования и составила 8,5 %, что на 2 % меньше, чем в пятом туре.

В каждом последующем туре площади пашни с высоким и очень высоким содержанием обменного калия снижались, тем самым увеличивали площади с очень низким, низким, средним и повышенным содержанием. Так, в восьмом туре картина распределения площадей по классам обеспеченности обменным калием выглядела следующим образом (рисунок 11). Площади пашни с очень низким и низким содержанием составили 1 %, что на 0,3 и 0,2 % больше, чем в шестом и седьмом турах соответственно, со средним и повышенным содержанием – 11,3 и 37,0 %, что на 2,8, 0,6 и 5,0, 4,6 % соответственно больше по сравнению с шестым и седьмым турами агрохимического обследования. Площадь пашни с высокой и очень высокой степенью обеспеченности обменным калием уменьшалась и составила 50,7 % от обследуемой в восьмом туре, или на 8,1 и 5,4 % меньше, чем в шестом и седьмом турах соответственно.

Таким образом, за период с 1964 по 2010 г. (I - VIII туры) агрохимического обследования произошло перераспределение по классам обеспеченности почв обменным калием. Площади с очень низким и низким содержанием уменьшились и перешли в средний класс обеспеченности, площадь пашни с очень высокой степенью обеспеченности снизилась, и увеличились площади с повышенным и высоким содержанием обменного калия.

Следовательно, зависимость содержания в почве обменного калия от объемов применения калийсодержащих удобрений гораздо менее ярко выражена, чем подвижных фосфатов, что связано с большими потенциальными запасами калия в черноземах.

3.3 Динамика содержания органического вещества (гумуса) в зависимости от уровня применения удобрений в почвах пашни Воронежской области

Устойчивое высокопродуктивное земледелие возможно только в оптимальных условиях формирования урожая, что требует постоянного внимания к воспроизводству и сохранению плодородия почвы, главной задачей которых является стабилизация ее гумусного состояния [86].

Вовлечение черноземных почв в сельскохозяйственное использование привело к снижению в них запасов органического вещества и изменению его состава. Установлено, что интенсивность и величина его трансформации определяется видом землепользования, системой земледелия и эрозионными процессами. Поэтому современное земледелие требует постоянного контроля состояния почвенного плодородия, в частности содержания гумуса и его качественных изменений [38, 154].

Основным источником пополнения запасов гумуса в почве является внесение органических удобрений, и в частности навоза. Для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах региона необходимо ежегодно вносить 6 - 8 т/га органических удобрений. В настоящее время их вносят около 2 т/га посевной площади [179].

Как видно из представленных данных (рисунок 12, приложение В), в динамике применения органических удобрений за годы существования агрохимической службы наблюдаются значительные колебания.

Так, если за период с 1976 по 1978 г. среднегодовое внесение органических удобрений в пашню Воронежской области составило 2,3 т/га, то в 1979-1985 гг. – 3,1 т/га, что на 0,8 т/га больше по сравнению с прошлым периодом агрохимических наблюдений. Увеличение среднегодового поступления органических удобрений в почвы области сохранилось и в четвертом туре агрохимического обследования (1986-1990 гг.) и достигло наивысшего уровня – 3,4 т/га.



Рисунок 12 – Динамика применения органических удобрений по турам агрохимического обследования в Воронежской области

С 1991 года, или пятого тура, происходит постоянное снижение объемов применения органических удобрений, особенно резко этот процесс пошел с 1993 года (приложение Г). Если в пятом туре на гектар пашни в среднем по области было внесено 2,9 т/га, то в шестом – 1,7 т/га, что на 1,2 т/га меньше по сравнению с предыдущим туром. В седьмом и восьмом турах (2001-2010 гг.) агрохимического обследования внесение органических удобрений снизилось до 1,4 т/га, что ниже на 0,3 т/га по сравнению с шестым туром.

Следовательно, основными причинами колебаний в использовании удобрений по годам являются сельскохозяйственная деятельность человека, уровень земледельческих технологий. Резкий спад применения органических удобрений связан с глубоким экономическим кризисом в сельском хозяйстве области, значительным сокращением поголовья скота [204].

Анализ агрохимических данных выявил определенные тенденции изменения гумусового состояния почв Воронежской области под влиянием сельскохозяйственного использования.

Проведенные восемь туров агрохимического обследования (1964-2010 гг.) показали, что в целом по области средневзвешенное содержание гумуса в почвах остается примерно на одном уровне (рисунок 13, приложение Б 3).

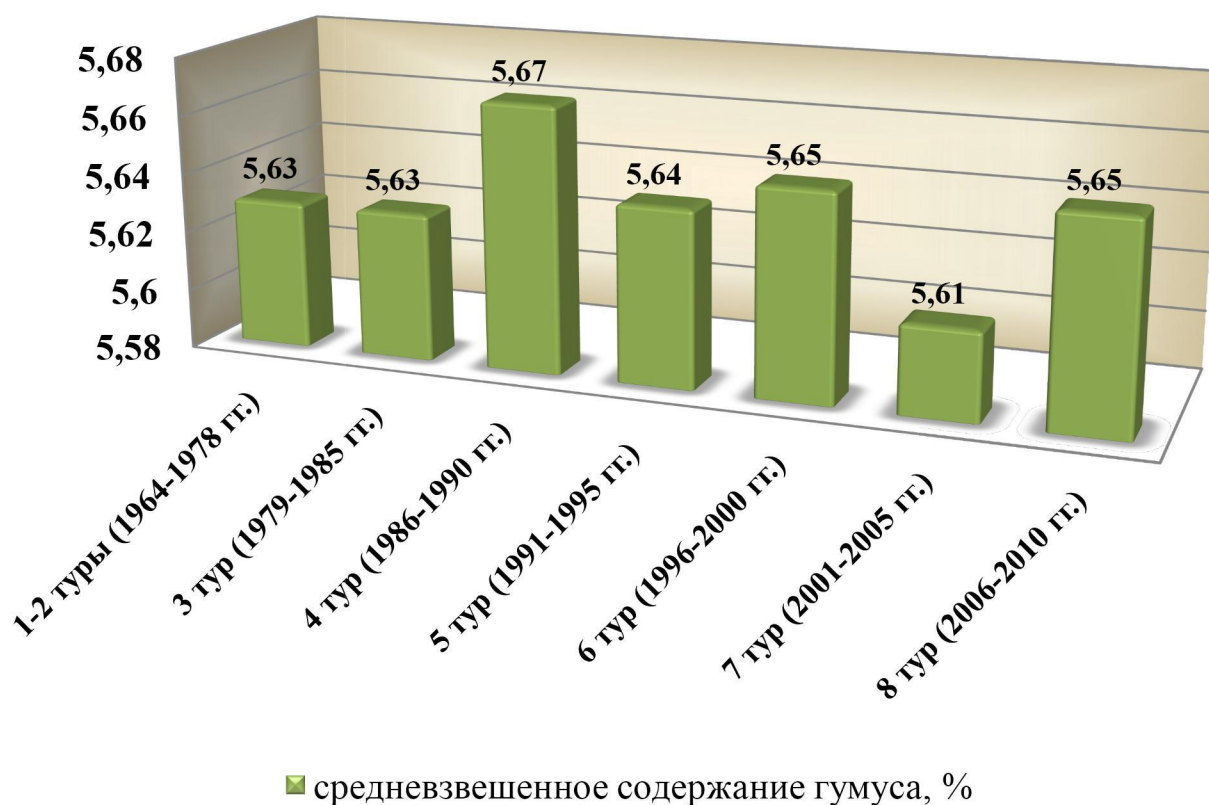


Рисунок 13 - Динамика средневзвешенного содержания гумуса по турам агрохимического обследования в почвах пашни Воронежской области

Так, если по результатам первых двух туров (1964-1978 гг.) оно составляло 5,63 %, то по результатам восьмого – 5,65 % с незначительными колебаниями по турам обследования. Можно лишь отметить снижение содержания гумуса в 7 туре до 5,61 %.

Следовательно, полученные данные агрохимического обследования за 1964-2010 гг. свидетельствуют о стабилизации содержания гумуса в пахот-

ном слое почв области на уровне 5,6 %. Это минимальное содержание гумуса в черноземных почвах нашего региона, по мнению Н.И. Лактионова (1981), П.Г. Акулова (1992), представляет собой «скелетную» часть органического вещества, которая трудно минерализуется даже при создании благоприятных условий [20, 135].

Хотя в целом по области колебания содержания гумуса были несущественными, необходимо отметить ряд районов, где за период с 1964 по 2010 г. произошло довольно значительное увеличение содержания гумуса в почвах. Например, в Верхнемамонском районе за указанный период времени содержание гумуса в почвах увеличилось на 22 %, в Новохоперском и Острогжском – соответственно на 11 и 12 %. Нельзя не назвать районы с заметным снижением содержания гумуса. К ним относятся Бутурлиновский и Воробьевский, где содержание гумуса за 46 лет снизилось на 8 %.

Произошло и перераспределение площадей по степени обеспеченности гумусом (таблица 4, приложение Б 3).

Таблица 4 - Распределение пахотных почв Воронежской области по содержанию гумуса, %

Тур	Годы обследования	Площадь с содержанием гумуса, % по Тюрину				
		очень слабогумусированное	слабогумусированное	малогумусное	среднегумусное	тучное (> 9%)
I-II	1964-1978	0,9	12,3	37,7	44,3	4,8
III	1979-1985	0,6	12,9	35,0	42,4	9,1
IV	1986-1990	1,7	12,8	42,3	42,6	0,6
V	1991-1995	1,3	13,9	46,2	38,3	0,3
VI	1996-2000	1,1	12,4	45,4	41,0	0,1
VII	2001-2005	0,9	12,0	44,9	42,2	-
VIII	2006-2010	0,5	10,0	46,8	42,7	-

Так, если за период агрохимических наблюдений с 1964 по 1978 г. площадь очень слабогумусированных и слабогумусированных почв составила 13,2 %, малогумусных – 37,7 %, среднегумусных – 44,3 % и высокогумусированных (тучных) – 4,8 % (рисунок 14), то за 15 последующих лет (III, IV,

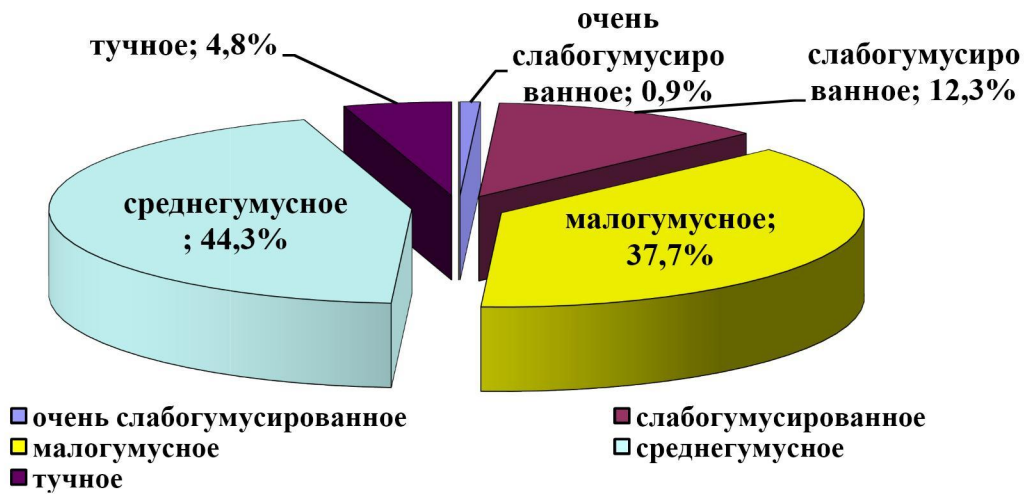


Рисунок 14 – Распределение площади пашни по содержанию гумуса за I тур агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

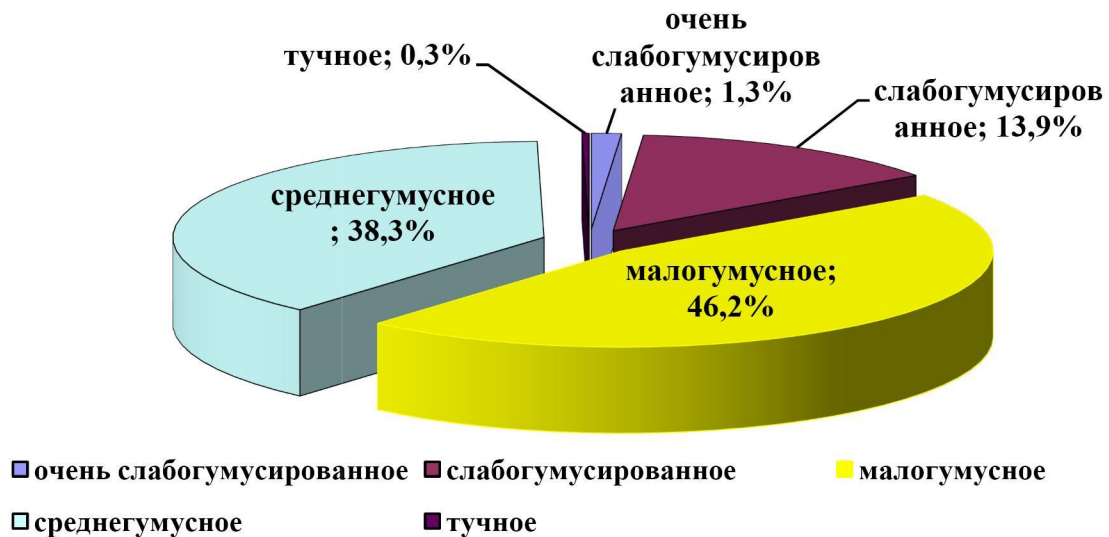


Рисунок 15 – Распределение площади пашни по содержанию гумуса за V тур агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

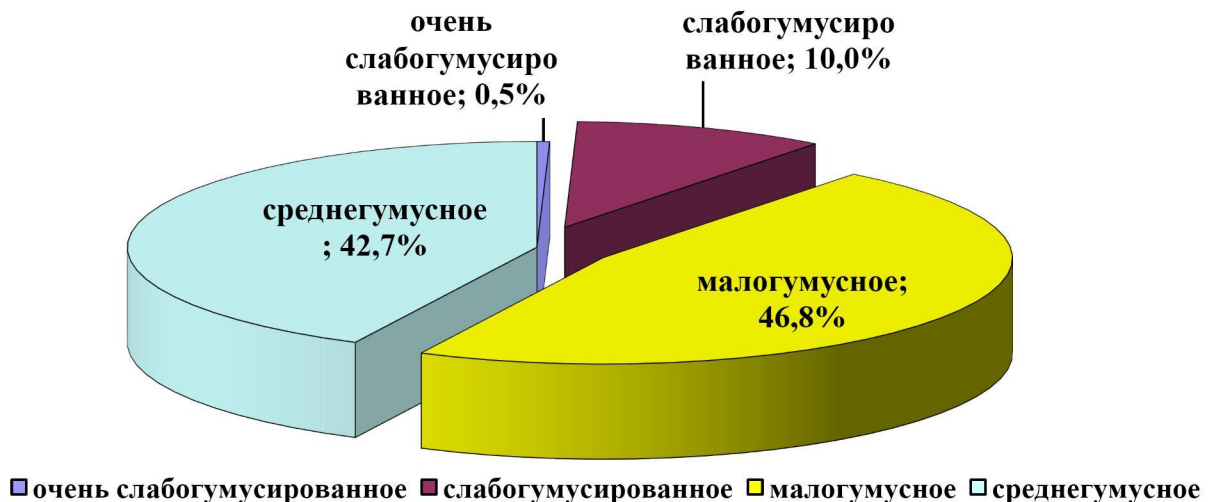


Рисунок 16 – Распределение площади пашни по содержанию гумуса за VIII тур агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

V туры) площади пашни со средним и высоким содержанием гумуса уменьшались и переходили в группу с более низким содержанием, тем самым увеличивались площади с очень слабогумусированным, слабогумусированным и малогумусным содержанием. В пятом туре агрохимического обследования площадь пашни с очень слабогумусированным и слабогумусированным содержанием составила 15,2 %, с малогумусным - 46,2 %, что соответственно на 2,0 и 8,5 % больше, чем в первых двух турах. Площадь пашни со среднегумусным содержанием составила 38,3 %, а с высоким – 0,3 %, или на 6,0 и 4,5 % соответственно меньше по сравнению с началом агрохимического обследования (рисунок 15).

В шестом туре (1996-2000 гг.) площадь с очень слабогумусированным и слабогумусированным содержанием уменьшилась и составила 13,5%, с малогумусным - 45,4, со среднегумусным – 41,0 % и высоким - 0,1 %.

В каждом последующем цикле агрохимического обследования тенденция снижения площадей с очень слабогумусированным и слабогумусированным содержанием сохранялась и в восьмом туре (2006-2010 гг.) составила 10,5 %, что на 3,0 и 2,4 % меньше по сравнению соответственно с шестым и седьмым турами. В то же время наметилась тенденция увеличения площадей с малогумусным и среднегумусным содержанием, которые по данным восьмого цикла составили 89,5 %, что на 3,1 и 2,4 % больше, чем соответственно в шестом и седьмом турах. Что касается почв с высоким содержанием гумуса, то начиная с седьмого тура (2001-2005 гг.) агрохимического обследования они не обнаруживались и перешли в группы с более низким содержанием (рисунок 16).

Таким образом, за 46 лет агрохимического обследования площади пашни с очень слабогумусированным и слабогумусированным содержанием сократились на 2,7 % и перешли в группу с малогумусным содержанием, тем самым увеличили их площадь на 9,1 % по сравнению с первым туром. Произошло снижение площадей со среднегумусным содержанием на 1,6 %, а

почв с высоким содержанием гумуса (тучные > 9 %) за последние 10 лет обнаружено не было.

3.4 Динамика и состояние кислотности в зависимости от уровня применения удобрений и мелиорантов в почвах пашни Воронежской области

Важным фактором почвенного плодородия, оказывающим значительное влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур, является кислотность почв [8].

Минерализация органических веществ, растворение труднодоступных соединений, различные физико-химические процессы в значительной степени определяются реакцией почвы. От нее во многом зависит доступность питательных элементов растениям, микробиологическая активность почвы, скорость и направленность происходящих в ней процессов [179].

Результаты агрохимического мониторинга свидетельствуют о наличии кислых почв в нашем регионе. Главным агрохимическим мероприятием для улучшения кислых почв было и остается известкование. Согласно опытным испытаниям применение минеральных удобрений без известкования снижает их эффективность на 30 - 50 %. Поэтому в годы интенсивной химизации было принято постановление Совета Министров РСФСР № 1 от 31.01.1986 года о запрещении применения минеральных удобрений на кислых почвах без предварительного известкования [58].

Значение известкования многообразно как природоохранного мероприятия, которое проявляется в сохранении положительного баланса кальция и магния, снижении в 4 - 10 раз подвижности в почве тяжелых металлов и радионуклидов и накоплении их в растениях, в повышении общей биологической активности почвы, улучшении ее физико-механических свойств [58, 194].

Определение показателей почвенной кислотности и, соответственно, необходимости в известковании агрохимслужба начала в третьем туре обследования (1979-1985 гг.), поэтому мы провели анализ изменения кислотности почв с 1979 по 2010 г.

В настоящее время в области насчитывается около 580 тыс. га, или 29,2 % площади пашни, почв, нуждающихся в известковании, при этом тенденция к увеличению их относительной доли в структуре пашни сохраняется (приложение Б 4).

По результатам III цикла агрохимического обследования доля кислых почв в структуре пашни Воронежской области составляла 23,4 %, а доля почв с реакцией среды, близкой к нейтральной, – 25,8 %, нейтральных – 50,8 % (таблица 5, рисунок 17).

Таблица 5 - Распределение площадей почв пашни Воронежской области по степени кислотности, %

Тур	Годы обследования	Группировка почв по степени обменной кислотности (рН _{KCl})					
		очень сильно- кислые ≤4,0	сильно- кислые 4,1-4,5	средне- кислые 4,6-5,0	слабо- кислые 5,1 – 5,5	близкие к ней- тральным 5,6 – 6,0	нейт- раль- ные > 6,0
III	1979-1985	0,1	0,1	3,6	19,6	25,8	50,8
IV	1986-1990	0,1	0,5	5,5	21,7	26,0	46,2
V	1991-1995	0,1	0,6	5,2	22,0	28,7	43,4
VI	1996-2000	-	0,3	5,9	21,7	28,0	44,1
VII	2001-2005	-	0,2	5,4	21,4	28,7	44,3
VIII	2006-2010	-	0,2	5,5	23,5	29,1	41,7

За 5 последующих лет (IVцикл) доля кислых почв повысилась до 27,8 %. Одновременно увеличилась доля почв с реакцией среды, близкой к нейтральной, на 0,2 %, при этом сократилась доля почв с нейтральной реакцией среды на 4,6 %. Это, по-видимому, связано, с одной стороны, с высоким уровнем использования минеральных удобрений в этот период и с недостаточным уровнем известкования, а с другой стороны, с одновременным усилением выноса карбонатов за пределы почвенного профиля, которое наблюдали в лесостепных подтипах черноземов и серых лесных почвах Щербаков

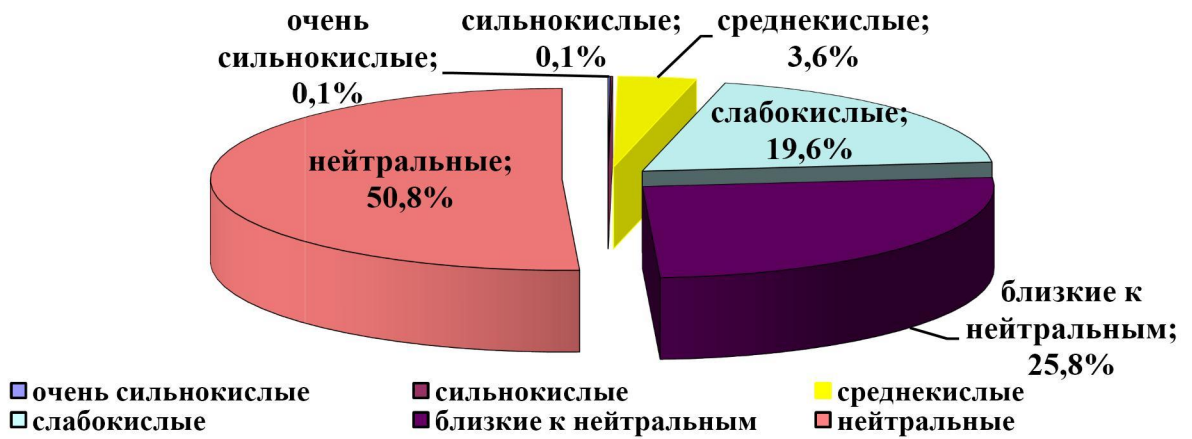


Рисунок 17 – Распределение площади пашни по кислотности за III тур агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

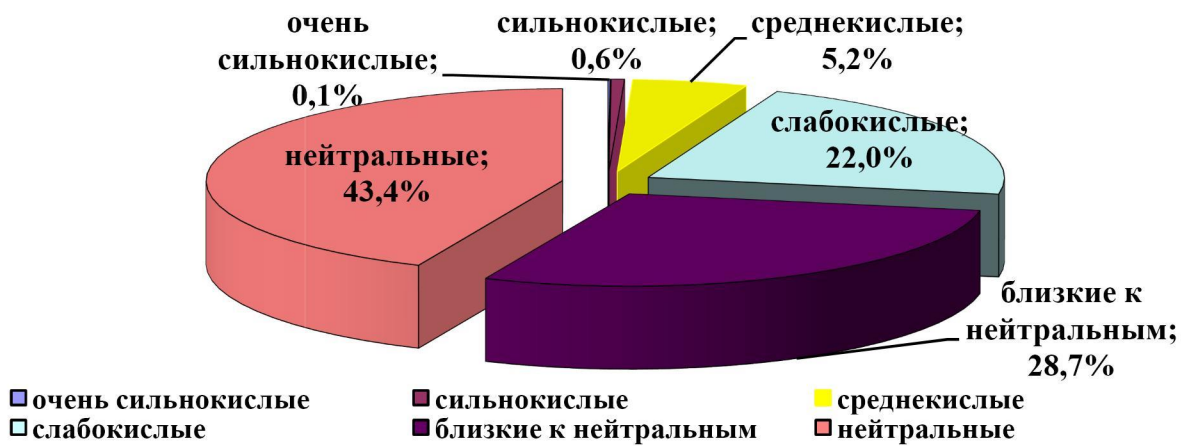


Рисунок 18 – Распределение площади пашни по кислотности за V тур агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

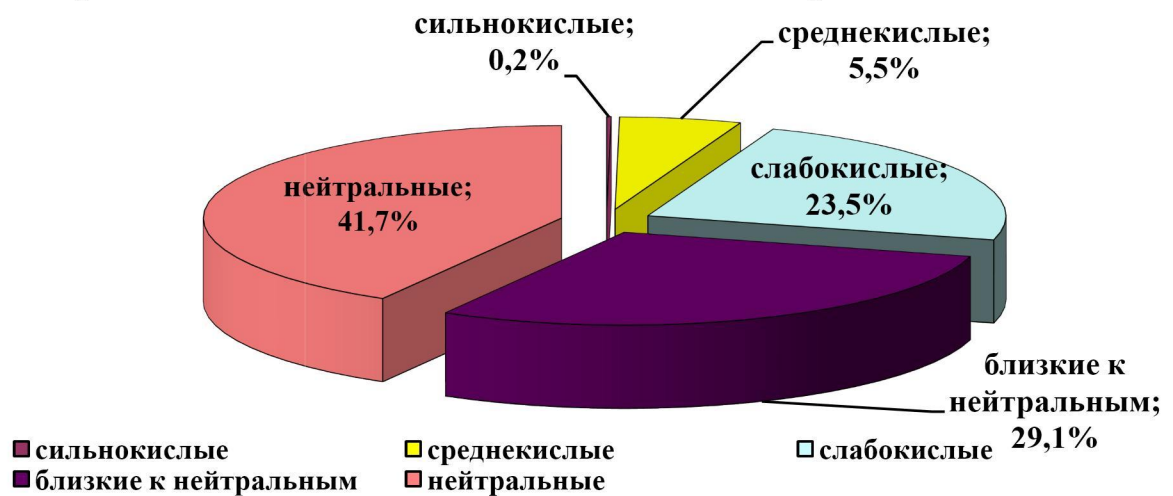


Рисунок 19 – Распределение площади пашни по кислотности за VIII тур агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

А.П., Васенев И.П. (1996) и прослеживали в своих работах Авраменко П.М. и др. (2002) [12, 74].

За 15 лет обследования (V, VI, VII циклы), несмотря на резкое снижение объемов известкования (с 1991 по 2000 годы в среднем объемы известкования снизились в 27 раз), а также сокращение площади известкования (с 1991 по 2005 годы в среднем в 5 раз), что хорошо видно на рисунке 20, увеличения площади кислых почв не наблюдалось, произошло даже их некоторое сокращение (приложение Г).

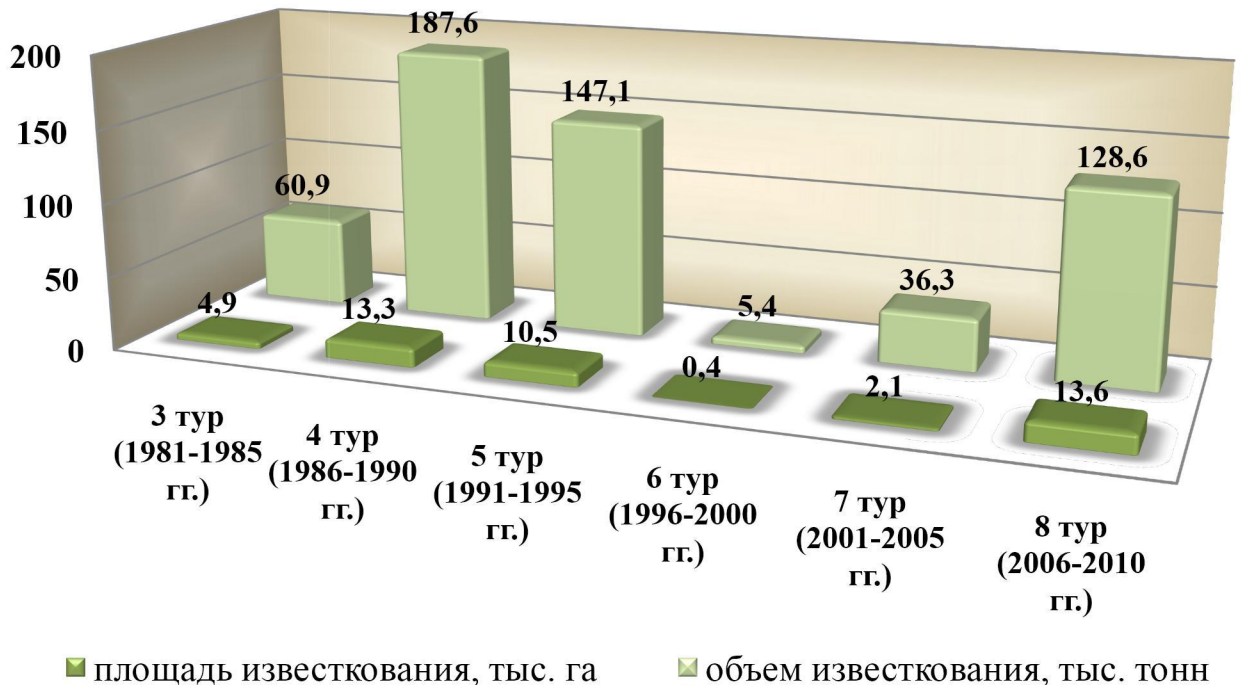


Рисунок 20 – Динамика известкования кислых почв в хозяйствах Воронежской области

Это можно объяснить, во-первых, резким снижением использования минеральных удобрений, а во-вторых, снижением выноса кальция с урожаем, что также подтверждают результаты обследования, полученные центром агрохимической службы «Белгородский» [74].

Так, в пятом туре агрохимического обследования площадь кислых почв составила 27,9 % от обследуемых, близких к нейтральным – 28,7 % и ней-

тральных – 43,4 % (рисунок 18). В шестом туре (1996-2000 гг.) агрохимического обследования площадь почвы с кислой реакцией среды оставалась на уровне предыдущего тура, а в седьмом - 27,0 % , что на 0,9 % меньше, чем в пятом туре, площадь почв, близких к нейтральным, составила 28,0 и 28,7 % и нейтральных – 44,1 и 44,3 % соответственно в шестом и седьмом турах агрохимического обследования.

Анализ результатов последнего тура обследования (VIII цикл) (рисунок 19) показал увеличение доли кислых почв на 2,2 и 5,8 % с одновременным увеличением доли почв с реакцией среды, близкой к нейтральной, на 0,4 и 3,3 % в сравнении соответственно с VII и III туром агрохимического обследования. За тот же период наблюдений произошло снижение доли почв с нейтральной реакцией среды соответственно на 2,6 и 9,1 %. Отмеченная закономерность является следствием не только недостаточных темпов известкования, но и возобновления использования физиологически кислых удобрений.

Следовательно, при существующих площадях кислых почв в области и сроках действия мелиоранта 6 - 7 лет необходимо ежегодно известковать не менее 100 тыс. га. На увеличение площадей кислых почв оказывает влияние количество применяемых в области физиологически кислых удобрений (59 %). Поэтому с большой долей вероятности можно прогнозировать, что в будущем тенденция подкисления почв во многих районах сохранится. В связи с этим считаем необходимым увеличение работ по химической мелиорации почв [58].

Таким образом, рассматривая динамику плодородия почв пашни Воронежской области в целом за период с 1964 по 2010 г., можно отметить, что до 1990 года, когда темпы применения удобрений постоянно нарастали, происходило заметное увеличение содержания доступных форм фосфора и калия в почве. Однако в последние годы, когда отчетливо проявляются негативные последствия снижения объемов применения удобрений, вызванных глубоким экономическим кризисом в сельском хозяйстве, происходит заметное сниже-

ние содержания подвижного фосфора и обменного калия в почвах области. За последние десять лет площади пашни с высоким содержанием гумуса (тучные > 9 %) полностью сократились. Недостаточные темпы известкования в области привели к увеличению площади кислых почв, при этом тенденция к увеличению их доли в структуре почв пашни сохраняется. Такое положение без принятия соответствующих мер неизбежно будет усугубляться. Если объемы применения удобрений не будут увеличены, деграционные процессы почвенного плодородия неизбежно будут проявляться более интенсивно.

3.5 Баланс элементов питания и гумуса в почвах пашни Воронежской области

Одной из наиболее важных характеристик при оценке сельскохозяйственного землепользования является баланс элементов питания, который учитывает структуру посевных площадей, урожайность культур, вынос элементов питания, приход их с минеральными и органическими удобрениями.

Определение баланса элементов питания за длительный период позволяет дать более объективную характеристику основным тенденциям, сложившимся в земледелии региона [280].

В Воронежской области за 32 года наблюдений при сопоставлении количества питательных веществ, внесенных в виде минеральных и органических удобрений, с выносом их валовыми сборами сельскохозяйственных культур при достигнутом уровне урожайности баланс элементов питания по турам агрохимического обследования складывался по-разному (таблица 6, приложение Д).

Анализ представленных данных свидетельствует об увеличении содержания элементов питания в почвах пашни Воронежской области под влиянием поступления минеральных и органических удобрений.

Как видно из таблицы 6, в третьем туре (1979-1985 гг.) баланс по азоту,

Таблица 6 - Баланс питательных веществ в земледелии Воронежской области за период с 1979 по 2010 г., кг/га

Тур обсле сле- дова- ния	Годы	N	P ₂ O ₅			K ₂ O		
		Баланс, +-	Приход	Расход	Баланс, +-	Приход	Расход	Баланс, +-
III	1979-1985	-14	26,5	32,5	-6	41,0	55	-14
IV	1986-1990	+9	43,5	17,5	+26	42,6	47,6	-5
V	1991-1995	-28	27,4	22,4	+5	28,5	63,5	-35
VI	1996-2000	-28	8,3	18,3	-10	12,4	43,4	-31
VII	2001-2005	-38	10	23	-13	13,8	52,8	-39
VIII	2006-2010	-23	14	20	-6	18,5	49,5	-31

фосфору и калию был отрицательным и составлял соответственно - 14, - 6, - 14 кг/га. Так как объемы применения удобрений до 1990 года постоянно нарастали, достигнув максимума в четвертом туре (1986-1990 гг.), то в этот период наблюдений поступление азота и фосфора в почвы области было выше выноса их с урожаем, что привело к повышению содержания подвижного фосфора в них и положительному его балансу (+26 кг/га), баланс азота также был положительным (+9 кг/га). За период 1991-1995 гг. отмечен отрицательный баланс по азоту (-28 кг/га), по фосфору баланс оставался положительным (+5 кг/га) и его содержание в почвах достигло максимального уровня (рисунок 21).

Это связано, как было отмечено выше, во-первых, с использованием ранее накопленного потенциала, и во-вторых, с тем, что применение удобрений в 1991-1992 гг. оставалось еще на достаточно высоком уровне, а приходная его часть с минеральными и органическими удобрениями в почвы области превышала расходную. В последующие годы использование минеральных и органических удобрений стало резко сокращаться, что приводило к снижению содержания подвижных форм фосфора в почве и, как следствие, - отри

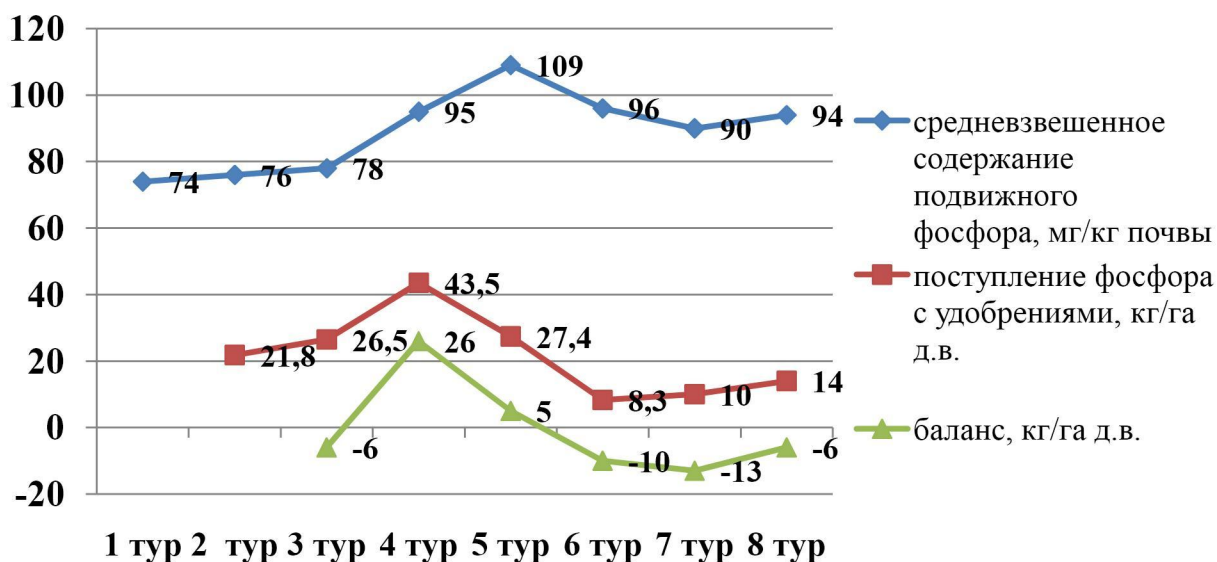


Рисунок 21 – Динамика средневзвешенного содержания подвижного фосфора, поступление его с минеральными, органическими удобрениями и баланс фосфора по турам агрохимического обследования в пашне Воронежской области

цательному его балансу. Аналогичная тенденция прослеживалась и по азоту.

Что касается обменного калия, то за весь период наблюдений (1979-2010 гг.) баланс складывался отрицательный, то есть вынос с урожаем был выше его поступления с минеральными и органическими удобрениями, в связи с чем наметилась тенденция снижения его запасов в почве (рисунок 22).

Так, за период третьего тура (1979 - 1985 гг.) баланс по калию был отрицательный и составил 14 кг/га. Однако в связи с тем, что максимальны пик применения удобрений наблюдали в 1986-1990 гг., то в четвертом туре наметилась тенденция увеличения содержания калия в почве и баланс составил 5 кг/га, в пятом туре – 35 кг/га, в шестом – 31 кг/га, в седьмом – 39 кг/га и в восьмом – 31 кг/га.

Для определения зависимости баланса элементов питания от поступления их с удобрениями были рассчитаны коэффициенты корреляции. Установлено, что прослеживается тесная связь между поступлением фосфора и

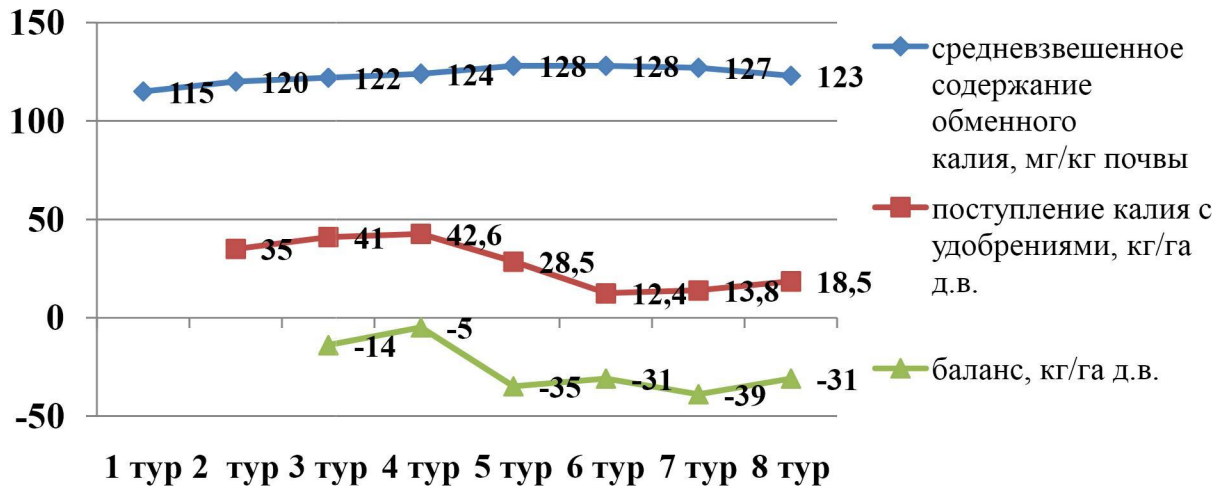


Рисунок 22 – Динамика средневзвешенного содержания обменного калия, поступление его с минеральными, органическими удобрениями и баланс калия по турам агрохимического обследования в пашне Воронежской области

калия с удобрениями и балансом их в почвах области, коэффициенты корреляции при этом составили соответственно 0,93 и 0,86.

Количественная зависимость носит прямолинейный характер и выражается следующими уравнениями регрессии, представленными на рисунке 23.

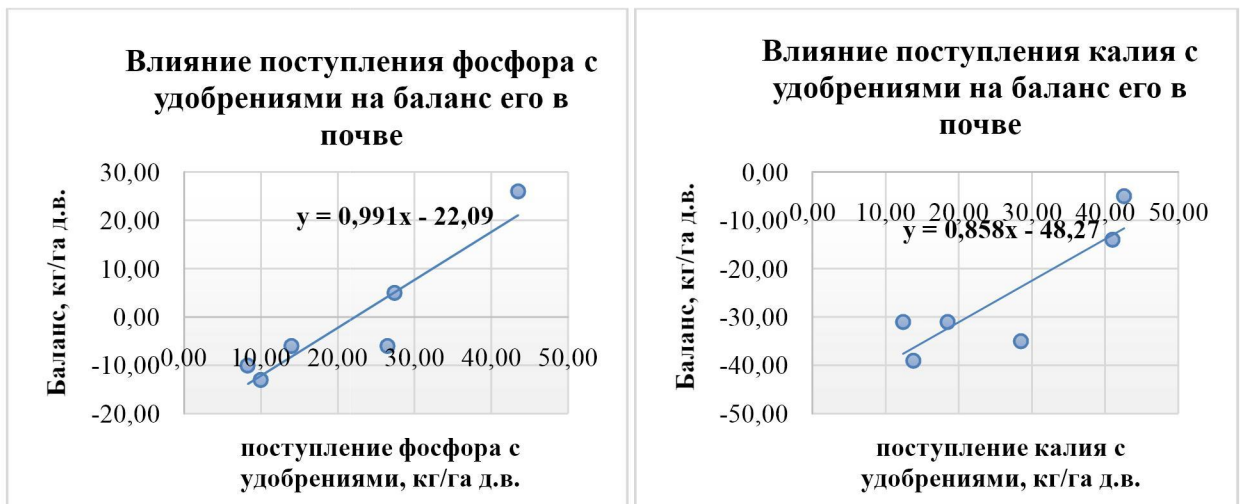


Рисунок 23 - Зависимость между поступлением фосфора и калия с удобрениями и балансом их в почве по турам агрохимического обследования в Воронежской области

для фосфора: $Y=0,9912x-22,093$

для калия: $Y=0,8587x-48,275$

Рассчитанные уравнения регрессии, которые характеризуют высокую взаимосвязь между этими величинами, позволяют прогнозировать баланс элементов питания в земледелии Воронежской области в зависимости от поступления фосфора и калия в почву.

Допустимый уровень интенсивности баланса азота, фосфора и калия зависит, прежде всего, от исходного наличия их в почве. Допустимая интенсивность баланса азота определяется по содержанию подвижных форм фосфора в почве. Так как средневзвешенное содержание подвижного фосфора в черноземных почвах области по итогам агрохимического обследования относится в основном к среднему классу обеспеченности и варьирует по турам от 74 до 96 мг/кг, кроме V тура (где оно было повышенное и составило 109 мг/кг), то согласно существующим нормативам допустимого баланса питательных веществ в севообороте для черноземных почв по азоту и фосфору допускается нулевой или бездефицитный баланс их в почве.

Как было отмечено выше, баланс по азоту и фосфору в III туре был отрицательный, а в V туре по азоту и начиная с VI тура баланс по азоту и фосфору оставался отрицательный. Это говорит об истощении почв области этими элементами питания и нарастающих процессах деградации почвенного плодородия.

Исключением является достигнутый положительный баланс по азоту и фосфору в IV и V турах по фосфору, когда было отмечено максимальное поступление элементов питания в пашню Воронежской области с минеральными и органическими удобрениями.

Что касается оценки интенсивности баланса по калию в почвах региона, то она выглядит иначе, чем по азоту и фосфору. В связи с тем что средневзвешенное содержание обменного калия начиная с III тура агрохимического обследования стало относиться к высокому классу обеспеченности и изменялось по турам в пределах 122 - 128 мг/кг, то по существующим нормативам

допустимого баланса возможен его дефицит в почвах области, без негативных последствий изменения почвенного плодородия.

Таким образом, анализ представленных данных показывает, что увеличение содержания элементов питания в почвах пашни Воронежской области происходит под влиянием внесения минеральных и органических удобрений. Здесь нельзя не отметить высказывания Ю. Либиха, который в своей книге «Химия в приложении к земледелию и физиологии» (1840) писал: «Почва должна постепенно терять свое плодородие, поскольку, благодаря культуре растений и снятию их урожаев, запас питательных веществ становится все меньше и меньше. Следовательно, для того, чтобы сохранить плодородие почвы, ей должно возратить все у нее взятое. Если все взятое не будет возвращено полностью, то нельзя рассчитывать на получение вновь таких же урожаев; урожаи могут быть повышены только путем увеличения содержания в почве упомянутых составных частей» (цит. по: Минеев В.Г., 1999) [171].

Расчет баланса гумуса в почвах пашни Воронежской области нами был проведен за 2002-2010 гг. и показал, что за последние 2 тура обследования он складывался отрицательный при ежегодном дефиците 0,63 - 0,66 т/га (таблица 7).

Таблица 7 – Баланс гумуса в почвах пашни Воронежской области, т/га

Тур	Годы обследования	Минерализация гумуса	Восполнение гумуса за счет пожнивных и корневых остатков	Восполнение гумуса за счет органических удобрений,	Баланс, + -
VII	2002-2005	1,07	0,34	0,11	-0,63
VIII	2006-2010	1,10	0,33	0,11	-0,66

Исходя из того, что коэффициент гумификации навоза для черноземных почв равен 0,09, для поддержания бездефицитного баланса гумуса необходимо вносить ежегодно на гектар пашни 7 - 8 т навоза.

Таким образом, несмотря на то, что в динамике средневзвешенного содержания гумуса в почвах области за 46-летний период агрохимического обследования особых изменений не произошло, баланс гумуса в почвах пашни остается отрицательный, поэтому следует уделять особое внимание применению органических удобрений и приемам, способствующим увеличению содержания гумуса в почвах (расширение площади посевов многолетних трав, использование соломы на удобрения, посев сидеральных культур).

Глава IV МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Создание условий для оптимального питания растений и повышения эффективности применения удобрений в большой степени обусловлено обеспеченностью почвы не только макро-, но и микроэлементами, а также их соотношением. С этим связано не только увеличение урожайности сельскохозяйственных культур, но и повышение качества продукции. Одним из источников восполнения содержания микроэлементов в почве до недавнего времени являлись применяемые в сельском хозяйстве макроудобрения, содержащие значительное количество микроэлементов в виде примесей, а также органические удобрения. Применение высококонцентрированных минеральных удобрений, которые практически не содержат примесей микроэлементов, и резкое снижение внесения навоза требуют использования микроудобрений [272].

В последние годы в проблеме, связанной с микроэлементами, превалирует экологический подход с акцентом на то, что многие микроэлементы вредны для растений, так как являются тяжелыми металлами, этому свидетельствуют многочисленные исследования [11, 104, 123, 184, 223, 238].

Работы отечественных ученых [49, 77, 105, 216, 308] и зарубежных авторов [93, 327, 329], посвященные проблеме полезности микроэлементов для растений, ушли в тень, несмотря на то, что многие пахотные почвы России характеризуются недостаточным, а в большинстве случаев низким содержанием подвижных форм некоторых микроэлементов.

Микроэлементы и тяжелые металлы – понятия, относящиеся к одним и тем же элементам и характеризующие их концентрацию в почве, продукции растениеводства и животноводства. Справедливо использовать термин «тяжелый металл» (ТМ), когда речь идет об опасных для живых организмов концентрациях элемента, и говорить о нем же как о микроэlemente в том случае, когда он находится в почве, растении, организме животных и челове-

ка в нетоксических концентрациях или используется в малых количествах как микроудобрение [22].

Проблема содержания микроэлементов в агроценозах приобрела в настоящее время большое теоретическое и практическое значение. Это обусловлено тем, что микроэлементы принимают активное участие в процессах обмена веществ и оказывают влияние на нормальный рост и развитие растений [53].

Особенности влияния микроэлементов на физиологическое развитие растений проявляются в том, что они не могут заменять другие питательные вещества, а лишь дополняют их действие, при этом ни один микроэлемент не может быть использован вместо другого, так как их роль в различных процессах строго индивидуальна [84].

Обеспеченность сельскохозяйственных культур химическими элементами питания, в том числе микроэлементами, определяется преимущественно их запасом в почвах. Однако для прогнозирования и практического применения микроудобрений большое значение имеет оценка почв по обеспеченности подвижными (доступными для растений) формами микроэлементов [210].

Выборочное обследование на содержание микроэлементов в почвах Воронежской области начато агрохимической службой в 1990 году. Сплошное обследование территорий пахотных земель на содержание подвижных форм микроэлементов (цинка, меди, марганца и кобальта) стали проводиться с 2006 года и продолжаются по сегодняшний день.

Нами проведены анализ содержания и степени обеспеченности почв пашни Воронежской области подвижными формами данных микроэлементов, а также распределение их по административным районам за два последних тура агрохимического обследования. Оценка полученных результатов позволяет реально охарактеризовать обеспеченность микроэлементами почв Воронежской области, которая представлена в таблице 8.

Таблица 8 - Распределение площади пашни по степени обеспеченности подвижными формами микроэлементов в Воронежской области за период с 2006 по 2015 г.

Элемент	Тур и годы обследования	Обследованная площадь, тыс. га	Степень обеспеченности						Средневзвешенное содержание, мг/кг почвы
			низкая		средняя		высокая		
			тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	
Zn	VIII (2006-2010 гг.)	1976,7	1965,9	99,4	10,3	0,5	0,5	0,1	0,45
	IX (2011-2015 гг.)	2519,4	2512,8	99,7	4,8	0,2	1,8	0,1	0,38
Cu	VIII (2006-2010 гг.)	1976,7	1647,8	83,4	294,1	14,9	34,8	1,7	0,15
	IX (2011-2015 гг.)	2519,4	2432,9	96,5	85,7	3,4	0,8	0,1	0,10
Mn	VIII (2006-2010 гг.)	1976,7	1012,4	51,2	676,8	34,2	287,5	14,6	12,38
	IX (2011-2015 гг.)	2519,4	1535,2	61,0	653,6	25,9	330,6	13,1	11,22
Co	VIII (2006-2010 гг.)	1976,7	1360,5	68,8	562,3	28,5	53,9	2,7	0,14
	IX (2011-2015 гг.)	2519,4	2387,5	94,7	131,3	5,2	0,6	0,1	0,11

Цинк выполняет важные функции в физиологических процессах растений за счет его каталитической функции и вхождения в активные группы ферментов. Он играет главную роль в формировании генеративных органов, участвует в процессах дыхания. Чувствительны к недостатку цинка плодовые растения, кукуруза, соя [84, 145, 149].

Физиологическая роль цинка у растений тесно связана с его участием в азотном, углеводном обмене, образовании хлорофилла, фотосинтезе [216].

Валовое содержание цинка в земной коре составляет $5 \cdot 10^{-3} \%$, в почве – $1,5 \cdot 10^{-3} \%$. В почвообразующих породах и педосфере цинк представлен рядом минеральных и органических соединений. Известно более 60 цинксо-

держащих минералов, однако наиболее практическое значение получил сфалерит, или цинковая обманка (ZnS) [272, 288].

Содержание цинка в почвах мира варьирует в очень широких пределах – от 10 до 300 мг/кг. В пахотном слое основных почв европейской части нашей страны содержится от 20 до 90 мг/кг цинка. Достаточно высоким содержанием цинка отличаются тундровые почвы, черноземы и красноземы. Повышенное количество цинка в черноземах обусловлено высокой их гумусированностью [272].

В Воронежской области, по данным Н.А. Протасовой Н.А., А.П. Щербакова, М.Т. Копаевой (1992), содержание цинка в черноземах колеблется в пределах 60 - 90 мг/кг. Уровень содержания элемента в почвенном покрове региона повышается в направлении с северо-запада на юго-восток [237].

Определение валового содержания микроэлементов в почве не характеризует доступность этих элементов для растений. Поэтому для оценки обеспеченности сельскохозяйственных культур определяют содержание подвижных форм микроэлементов в почве [145].

Содержание подвижного Zn в черноземах ЦЧР весьма незначительное и близкое к среднему содержанию подвижного Zn в черноземных почвах (0,17 мг/кг), предлагаемому В.В. Ковальским и Г.А. Андриановой (1970) [105]. На долю подвижного цинка в верхних горизонтах исследуемых почв региона приходится всего 0,1 – 0,7 % его валовых запасов [236]. Поэтому, несмотря на высокое содержание валового цинка в черноземах, содержание его обменной формы незначительное, и большая часть его представлена неактивными и труднодоступными формами для растений [237].

Среди факторов, контролирующей подвижность цинка, наиболее важное значение имеет реакция почвенного раствора, содержание органического вещества и окислительно-восстановительные условия [272].

Исследованиям микроэлементного состава почв пашни в разных почвенно-климатических зонах страны уделено достаточное внимание.

Анализ литературных данных показал, что сельское хозяйство различных регионов России испытывает существенный недостаток в биогенных микроэлементах, и в частности доступных форм цинка. Так, например, в пахотных почвах Нижегородской области ощущается резкий дефицит цинка (90 % пашни) [163].

Данные, представленные Е.И. Волошиным (2002), свидетельствуют о том, что почвы Красноярского края имеют низкую (92,2 %), среднюю (6,0 %), высокую (1,8 %) обеспеченность подвижным цинком. Содержание подвижного цинка в изучаемых почвах колебалось от 0,42 до 3,3 мг/кг почвы. Повышенное содержание подвижного цинка наблюдали в темно-бурой пойменной и темно-серой лесной почвах [54].

Аналогичные результаты получены И.С. Антоновым и др., (2003) на почвах пашни Республики Хакасия, которые свидетельствуют о низкой обеспеченности (99,2 % пашни) подвижными формами цинка. В черноземах Хакасии содержание подвижного цинка изменяется от 0,04 до 6,87 мг/кг при среднем значении 0,42 мг/кг [165].

Работами О.И. Просянной, В.И. Просянникова (2012) был изучен микроэлементный состав основных типов почв Кемеровской области. На основании собственных исследований установлено содержание подвижного цинка на уровне 0,3 – 0,6 мг/кг, что характеризуется низким содержанием по градации М.А. Флоринского и др. (1994) [160, 235].

Наиболее хорошо изучено поведение цинка в почвах Нечерноземной зоны и теперь в зарубежных республиках Прибалтики. Так, содержание подвижного цинка в почвах Нечерноземья варьирует от 0,12 до 20 мг/кг, меньше цинка содержится в нейтральных подзолистых и дерново-карбонатных почвах. Кислые дерново-подзолистые и торфяно-глеевые почвы отличаются повышенным содержанием подвижного цинка [272].

Почвы Центрального Черноземья имеют также низкую обеспеченность подвижным цинком для всех сельскохозяйственных культур [236, 237].

Результаты агрохимического обследования 1990 – 2004 гг. указывают на то, что содержание подвижного цинка в почвах Белгородской области закономерно снижается. В настоящее время 99,1 % всех обследованных площадей области характеризуется низким содержанием этого элемента [149].

Как свидетельствуют данные восьмого и девятого туров агрохимического обследования (таблица 8), более 99 % всех площадей Воронежской области относятся к группе низкообеспеченных по содержанию подвижного цинка. Пахотные почвы области крайне обеднены цинком.

Так, за период с 2006 по 2015 г. (VIII и IX циклы) низким количеством этого элемента в разрезе районов характеризуется 93,9 - 100 % пахотных массивов. Лишь в отдельных районах имеются небольшие территории со средней и незначительные с высокой обеспеченностью подвижным цинком (соответственно 0,1 - 5,8 и 0,1 - 1,4 % от обследованной площади) (приложение Е 1 – Е 2).

Кроме того, полученные результаты VIII тура (приложение Е 1) свидетельствуют о значительных колебаниях средневзвешенного содержания подвижного цинка по административным районам области от 0,1 (Борисоглебский и Бутурлиновский районы) до 0,86 мг/кг (Аннинский и Хохольский районы). Это, видимо, связано со специфическими условиями почвообразования на территории области, особенностями минералогического состава почвообразующих пород, неоднородностью почвенного покрова.

В отдельных районах области средневзвешенное содержание цинка не превышает 0,1 – 0,2 мг/кг, а на отдельных участках концентрация этого элемента характеризуется следовыми количествами. Невысокое содержание подвижного цинка в этих почвах, вероятно, обусловлено незначительной концентрацией элемента в почвообразующих породах (приложение Е 1 – Е 2).

Рассматривая динамику изменения содержания подвижного цинка между двумя последними турами агрохимического обследования, необходимо отметить наметившуюся тенденцию его снижения в почве (таблица 8). Так,

если в 2006-2010 гг. (VIII тур) средневзвешенное содержание подвижного цинка составляло 0,45 мг/кг почвы, а доля почв с низкой обеспеченностью – 99,4 %, то по завершении IX цикла произошло уменьшение его средневзвешенного содержания на 0,07 мг/кг и увеличение доли низкообеспеченных почв подвижным цинком до 99,7 % за счет перехода из группы почв со средней обеспеченностью данным элементом.

Таким образом, почвы региона имеют острый дефицит по цинку, 99,7 % обследованной площади по существующей градации характеризуются как низкообеспеченные этим элементом. Предельно допустимая концентрация подвижного цинка в почвах составляет 23 мг/кг. Превышение ПДК в почвах Воронежской области отмечено не было.

Недостаток **меди** снижает синтез белков, вследствие чего медное голодание сказывается сильнее всего на формировании зерна, сводя его иногда к нулю [84]. Медь является составной частью ряда важнейших окислительных ферментов. Входя в состав многих оксидаз, она усиливает интенсивность дыхания. Большой чувствительностью к недостатку меди обладают пшеница, ячмень и овес. Повышенное содержание меди в почве вызывает медьиндуцированный хлороз и поражение корневой системы [308].

Содержание меди в земной коре составляет 0,01 %, в почве – 0,002 % по массе. Она входит в состав большого количества минералов, наиболее распространенными из которых являются простые и сложные сульфиды: алькозин Cu_2S , ковелин CuS , борнит $3\text{Cu}_2\text{S}\cdot\text{FeS}_2\cdot\text{Fe}_2\text{S}_3$, халькопирит CuFeS_2 , кубанит CuFe_2S_3 , малахит CuCO_3 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ и другие [272, 288].

В среднем валовое содержание меди в почвах нашей страны варьирует от 1 до 76 мг/кг почвы. Максимум приходится на красноземы, желтоземы (76 мг/кг) и черноземы (30 мг/кг), а минимум – на песчаные и органические почвы (1 - 5 мг/кг) [272].

Содержание подвижной меди в черноземах Центрального Черноземья близко к ее среднему количеству, установленному В.В. Ковальским и Г.А. Андриановой (1970) для черноземов (3,9 мг/кг) [105]. Концентрация подвиж-

ной Cu в гумусовых горизонтах составляет 9 – 30 % валового содержания. Повышенным количеством Cu характеризуются выщелоченные черноземы (4,9 мг/кг) и пониженным – обыкновенные карбонатные черноземы (2,6 мг/кг), что обусловлено физико-химическим действием карбоната кальция, адсорбирующим и прочно удерживающим Cu на поверхности своих частиц [49, 236].

К факторам, увеличивающим подвижность почвенной меди, относятся: 1) повышение концентрации ионов водорода в почве, т.е. ее подкисление; 2) внесение физиологически кислых азотных и калийных удобрений; 3) усиление процессов минерализации органического вещества микроорганизмами; 4) накопление в почве нитратов и аммиака. На кислых песчаных почвах с низкой емкостью поглощения медь может вымываться, что ведет к уменьшению ее запасов в почве [272].

Во многих регионах России в последние годы почвы характеризуются низким и средним содержанием подвижных форм меди.

Так, пределы колебаний содержания подвижных форм меди в пахотных почвах Кемеровской области составляют на черноземных почвах 0,1 – 0,4 мг/кг и характеризуются как очень низкое ($< 0,2$ мг/кг); в серых лесных почвах 0,28 – 0,35 мг/кг – среднее (0,21 – 0,50) [235].

Массовое обследование территории Красноярского края на содержание подвижных форм микроэлементов показало, что 14,6 % пашни слабо обеспечены подвижной медью [84].

Данные, представленные Панасиным В.И. (2003), свидетельствуют о средней обеспеченности подвижной медью почв Калининградской области [210].

В почвах Республики Хакасия содержание подвижной меди в черноземах колеблется от 0,5 до 35,42 мг/кг. Среднее содержание меди в черноземах равно 7,29 мг/кг [165].

Почвы юга Нечерноземья значительно различаются по содержанию обменной меди. Наибольшее абсолютное содержание (0,32 - 0,67 мг/кг) оп-

ределено в черноземах, но доля к валовой меди в них наименьшая – 1,6 - 2,6 % [128].

Исследования М.В. Каталымова и Я.В. Пейве показывают, что содержание подвижной меди в почвах нашей страны варьирует от 0,5 до 50 мг/кг почвы. Наиболее низким ее содержанием характеризуются дерново-подзолистые почвы Нечерноземной зоны, где в зависимости от гранулометрического состава оно изменяется от 0,5 до 5 мг/кг почвы. Более богаты медью черноземы центральных и южных областей России, которые содержат от 4,5 до 10 мг/кг почвы. Очень богаты подвижной медью черноземы Алтая (от 30 до 50 мг/кг почвы), красноземы, каштановые и бурые почвы (8 - 30 мг/кг почвы). Содержание подвижной меди в большинстве почв Центрального, Волго-Вятского, Центрально-Черноземного, Северо-Кавказского и Юго-Западного районов низкое и варьирует от 1,5 до 3 мг/кг почвы. Бедны подвижной медью торфяные почвы, где она содержится в недоступной форме, и почвы легкого гранулометрического состава [272].

Как видно из представленных данных наших наблюдений (таблица 8), в восьмом туре агрохимического обследования пахотные почвы Воронежской области характеризовались низкой и средней обеспеченностью подвижной медью, удельный вес таких почв составлял соответственно 83,4 и 14,9 %. Доля почв с высокой обеспеченностью была незначительной - 1,7 % от обследованной. Средневзвешенное содержание подвижной меди в пахотном слое почв составляло 0,15 мг/кг.

За 5 последующих лет (IX тур) произошло перераспределение площадей по степени обеспеченности подвижной медью в структуре пашни Воронежской области. Так, доля ее почв с низкой обеспеченностью увеличилась на 13,1 % и составила 96,5 %, а площади почв со средней и высокой обеспеченностью сократились соответственно на 11,5 и 1,6 % и перешли в группу с низким содержанием. Что касается средневзвешенного значения подвижной меди, то за прошедший цикл агрохимических исследований произошло не-

значительное снижение ее на 0,05 мг/кг по сравнению с предыдущим туром и составило 0,10 мг/кг.

Рассматривая распределение подвижной меди в разрезе районов области, можно отметить некоторые тенденции.

Так, по данным восьмого тура пять районов области (Верхнемамонский, Воробьевский, Калачеевский, Кантемировский и Таловский) имели среднюю и высокую степень обеспеченности подвижной медью (удельный вес таких почв в структуре пашни составлял соответственно 48,0 – 88,3 и 9,1 – 16,7 %). По завершении девятого тура произошло значительное снижение этих площадей - до 0,2 – 2,9 % со средним и практически полностью сократились с высоким содержанием подвижной меди, тем самым увеличив группу с низкой обеспеченностью этим элементом (приложение Ж 1 – Ж 2).

Таким образом, по состоянию на 01.01.2016 года пахотные почвы Воронежской области характеризуются низкой обеспеченностью подвижной медью, удельный вес таких почв по административным районам находится в пределах 83,4 - 100 %. Больше обеспечены ею Борисоглебский, Поворинский и Эртильский районы, где по завершении девятого цикла агрохимического обследования имеют в структуре пашни 13,1 – 16,6 % площадей со средней степенью обеспеченности этим элементом. А также имеются небольшие территории в Воробьевском, Каменском, Острогожском, Панинском, Таловском и Терновском районах, где доля почв с высоким содержанием подвижной меди составляет 0,1 – 0,5 % от обследованной площади (приложение Ж 2). Содержание подвижных форм меди за два последних тура агрохимического обследования было ниже ПДК (3,0 мг/кг).

Роль **марганца** связана с регулированием окислительно-восстановительных процессов, он усиливает синтез хлорофилла, влияет на интенсивность дыхания [84].

При недостатке марганца в растении накапливается закисное железо, а при его избытке – окисное железо, в результате чего возникает хлороз листьев. Особенно требовательны к достаточному содержанию доступного мар-

ганца в почве злаки, свекла, картофель, плодовые и ягодные культуры [145, 236].

Кларк его в земной коре равен 0,09 %. Из соединений, содержащих Mn, наиболее часто встречается минерал пиролюзит, представляющий собой двуокись марганца MnO_2 . Большое значение имеют также минералы гаусманит Mn_3O_4 и браунит Mn_2O_3 [272, 288].

Основным источником поступления марганца в почву служат различные горные породы. Содержание валового марганца в почвах мира изменяется от 10 до 9000 мг/кг, при этом максимум на кривой его распределения приходится на интервал 200 - 800 мг/кг. В почвах бывшего СССР валовое содержание марганца изменяется от 10 до 6400 мг/кг. По данным П.И. Анспока, подзолистые почвы содержат его 250 - 1500 мг/кг, черноземы – 600 - 930, каштановые почвы – 1000 - 3000, сероземы – 410 - 610, красноземы – 500 - 1000 мг/кг почвы [272].

Исследованиями, проведенными на почвах ЦЧР, установлено, что количество подвижного марганца в почвах в значительной степени зависит от его валовых запасов. Кроме того, количество растворимых (подвижных) форм марганца в исследованных почвах неодинаково и определяется рН почвы, степенью гумусированности, насыщенностью основаниями, гранулометрическим составом [237].

Как показали исследования Копаевой М.Т. (1971), типичные, обыкновенные и южные черноземы Центрального Черноземья не имеют существенных различий в среднем содержании подвижного Mn [113].

Лучше всего обеспечены подвижным марганцем выщелоченные черноземы, что обусловлено более низкой величиной рН этих почв и более легким переходом Mn в растворимое состояние. В обыкновенных карбонатных черноземах, имеющих щелочную среду, наблюдается уменьшение подвижного Mn. Высокий окислительно-восстановительный потенциал этих почв приводит к закреплению Mn в виде MnO_2 [166]. Значительные различия в содержании подвижного Mn получены для почв одного подтипа, что обусловлено

варьированием гумусности почв, обменных катионов, величины рН, гранулометрического состава и степени окультуренности почв [236].

По данным Я.В. Пейве, дерново-подзолистые почвы содержат 50 – 150 мг/кг подвижного марганца, черноземы – 1 - 75 мг/кг, сероземы – 1,5 – 125 мг/кг, каштановые и бурые почвы – 1,5 – 75 мг/кг [272].

Анализ литературных данных свидетельствует о наметившейся тенденции снижения подвижных форм марганца в почвах многих регионов нашей страны.

Так, проведенные агрохимические исследования в Белгородской области указывают на закономерное снижение подвижного марганца в почвах данного региона. По завершении VII цикла (2000 – 2004 гг.) 65,7 и 31,1 % почв имеют соответственно низкую (< 10 мг/кг) и среднюю (10 - 20 мг/кг) обеспеченность подвижным марганцем [145].

Исследования, проведенные на пахотных почвах Красноярского края, показали, что 78,7 – 98,2 % характеризуются также низкой и средней обеспеченностью подвижным марганцем [84].

Полевыми опытами в почвах агроландшафтов юга Нечерноземья, установлено, что в пахотном горизонте среднее содержание обменного марганца составляет 16,2 мг/кг, при варьировании по типам и подтипам от 10,7 до 31,2 мг/кг [128].

Однако другие исследования, проведенные в пахотных почвах Кемеровской области и Республики Хакасия, свидетельствуют о высокой обеспеченности подвижным марганцем [165, 235].

Высоко обеспечены подвижным марганцем почвы Республики Татарстан – 61,9 % пашни [164].

Большинство почв Центрального Черноземья хорошо обеспечены подвижным Mn для растений невысокого и повышенного выноса. Для растений высокого выноса только серые лесные почвы имеют среднюю обеспеченность подвижным Mn, все черноземные почвы относятся к низкообеспеченным [236].

Полученные результаты сплошного агрохимического обследования восьмого тура свидетельствуют о том, что средневзвешенное содержание подвижного марганца в почвах Воронежской области было 12,38 мг/кг почвы (таблица 8). По состоянию на 01.01.2011 года согласно существующей градации 51,2 % площадей пахотных почв имели низкую обеспеченность подвижным марганцем (менее 10 мг/кг), 34,2 % имели среднее содержание (10,1 – 20 мг/кг) и высоко обеспечены (свыше 20 мг/кг) в области – 14,6 %.

По завершении IX тура агрохимического обследования произошло снижение средневзвешенного содержания подвижного марганца на 1,16 мг/кг почвы по сравнению с предыдущим туром и составило 11,22 мг/кг. Произошли изменения и в распределении площадей по степени обеспеченности этим элементом. Так, доля почв со средней и высокой обеспеченностью подвижным марганцем сократилась соответственно на 8,3 и 1,5 % по сравнению с прошедшим туром и составила 25,9 и 13,1 мг/кг, тем самым увеличив его площадь с низким содержанием с 51,2 до 61 %.

Обращает на себя внимание значительное варьирование содержания подвижного марганца по административным районам области. Так, в восьмом цикле агрохимических наблюдений концентрация данного элемента находилась в пределах от 5,41 – в Бобровском районе до 25,91 мг/кг – в Аннинском (приложение 3 1).

А по результатам девятого тура эти колебания составили от 4,6 до 30 мг/кг (приложение 3 2). Меньшее его содержание отмечено в Аннинском районе – 6,7, Бутурлиновском – 7,8, Верхнемамонском – 4,7, Новохоперском – 6,6, Павловском – 8,2 и Петропавловском районе – 7,0 мг/кг, где почвы характеризуются низкой (75,7 – 96,9 %) и средней обеспеченностью (3,1 – 24,3 % пашни от обследованной) подвижным марганцем. Более высоким его содержанием отличается пашня Каменского, Нижнедевицкого, Острогожского, Подгоренского и Семилукского районов, где удельный вес таких почв находится в пределах 50,1 – 65,4 % от обследованной территории, а концентрация данного элемента варьирует от 20,8 до 30 мг/кг почвы.

Такой характер пространственного распределения подвижного марганца в почвах различных районов области, видимо, связан с неодинаковыми условиями почвообразования и с разной концентрацией данного элемента в составе почвообразующих пород.

Таким образом, в настоящее время содержание подвижного марганца в почвах области можно охарактеризовать как недостаточное (площадь с низким и средним содержанием составила 86,9 % от обследованной). Хотя средневзвешенное значение подвижного марганца по результатам девятого тура составило 11,22 и по существующей градации относится к среднеобеспеченной, за два тура агрохимического обследования наблюдается закономерная тенденция к снижению его в почвах области. Поэтому в дальнейшей перспективе при разработке системы применения удобрения необходимо учитывать этот факт и под наиболее требовательные к данному микроэлементу культуры целесообразно внесение марганцевых удобрений.

Содержание подвижных форм марганца в почвах различных районов Воронежской области за два последних тура агрохимического обследования было ниже ПДК (140 мг/кг).

В оптимизации сбалансированного питания растений большую роль играет **кобальт**. Он активизирует деятельность многих ферментов, участвует в образовании витамина В₁₂, влияет на биосинтез белка, энергетический обмен и процессы дыхания, усиливает азотфиксацию у бобовых растений. Недостаток кобальта в кормах наблюдается при содержании его в почвах менее 2,5 мг/кг [84, 211, 215, 236].

Кобальт в природе мало распространен (0,0004 весовых %). Наибольшее количество кобальта содержится в ультраосновных породах (100 - 220 мг/кг), в кислых - на порядок меньше (1 - 15 мг/кг). В осадочных породах этот элемент связан с глинистыми минералами и органическим веществом (0,1 - 20 мг/кг). Кобальт входит в состав минералов мышьяка, серы, селена и особенно железа. Наиболее важными минералами, содержащими этот элемент, являются кобальтовый шпейс $CoAs_2$ и кобальтовый блеск $CoAsS$ [288].

Содержание кобальта в почвах России и стран ближнего зарубежья увеличивается с северо-запада на юго-восток и восток. Наиболее бедны кобальтом почвы тундровой, лесотундровой и северной лесной зоны. Содержание кобальта здесь составляет 1 - 5 мг/кг почвы. В южной части лесной зоны, где преобладают дерново-подзолистые и серые лесные почвы, содержание кобальта составляет 5 - 10 мг/кг. Серые лесные почвы и черноземы лесостепной и степной зон, сформированные на карбонатных суглинках, довольно богаты кобальтом и содержат его от 10 до 20 мг/кг. Достаточно неравномерно распределяется кобальт в почвах Краснодарского края, где его валовое содержание изменяется от 7 до 26 мг/кг и в среднем составляет 10,9 мг/кг почвы. Бедны кобальтом почвы Ставропольского края и сухостепной и полупустынной зон, где содержание этого элемента не превышает 1 - 5 мг/кг почвы. Наиболее богаты кобальтом почвы горных районов Кавказа, Крыма и Урала (15 - 25 мг/кг) [272].

Содержание кобальта в черноземах Центрального Черноземья близко к его среднему содержанию (10 мг/кг), установленному для черноземов В.В. Ковальским и Г.А. Андриановой (1970) [105].

Содержание валового кобальта в почвах тесно связано с наличием его в материнских породах, и пестрота их залегания в значительной мере определяет колебания в содержании этого элемента в почвах на сравнительно небольшой территории [272].

Количество подвижных форм кобальта определяется многими факторами и в первую очередь зависит от гранулометрического состава почв. Глина содержит в 7 раз больше подвижного кобальта, чем песчаная фракция. Существенное влияние на подвижность кобальта оказывает реакция почвы. С увеличением величины рН в карбонатных почвах подвижность кобальта снижается. Содержание подвижного кобальта зависит также и от гумусированности почвы. С увеличением содержания гумуса в почве подвижность кобальта уменьшается вследствие перехода его в малодоступные формы, связанные с органическим веществом [237, 272].

Содержание подвижного кобальта в почвах России варьирует от 0,04 до 10,4 мг/кг почвы. По данным Я.В. Пейве, его количество в дерново-подзолистых почвах составляет 0,1 - 3,0 мг/кг, черноземах – 1,1 - 2,2, каштановых почвах – 1,1 - 6,0, сероземах – 0,9 – 1,5 и бурых почвах – 0,6 - 2,2 мг/кг почвы [272].

Многочисленные исследования, проведенные в разных регионах России, указывают на то, что большинство почв испытывают дефицит подвижного кобальта.

Исследования В.И. Панасина, С.И. Новиковой (2005), проведенные на почвах Калининградской области, свидетельствуют о том, что абсолютное большинство почв (93,9 %) являются низкообеспеченными по кобальту, это вызывает выраженный дефицит микроэлемента в продукции растениеводства области [211].

Анализ полученных данных, представленных И.С. Антоновым и др. (2003), показывает, что черноземы и каштановые почвы Хакасии обеднены кобальтом (84,8 % обследованной территории имеют низкую обеспеченность этим элементом). Концентрация подвижного кобальта в почвах варьирует от 0,01 до 1,12 мг/кг. Фоновое содержание кобальта в почвах равно 0,078 мг/кг. Подвижный кобальт составляет 1,23 % от валового содержания [165].

Дефицит кобальта в пахотных почвах Нижегородской области (52 % пашни) отмечен в работах Е.А. Крылова и др. (1994) [163].

Почвы в земледельческой части Средней Сибири имеют низкую и среднюю обеспеченность (60,6 %) подвижным кобальтом, на них рекомендуется внесение кобальтовых удобрений [53].

Другие исследования микроэлементного состава почв Республики Татарстан указывают также на низкую и среднюю обеспеченность подвижным кобальтом - соответственно 23,8 и 68,8 % от обследованной площади, при средневзвешенном значении 1,5 мг/кг [164].

Проведенные исследования Н.А. Протасовой, А.П. Щербакова, М.Т. Копаевой (1992) на почвах ЦЧР позволили сделать следующие выводы: ис-

следуемые почвы средне и высоко обеспечены подвижным кобальтом для растений невысокого и повышенного выноса. В то же время для растений высокого выноса почвы имеют низкую обеспеченность подвижным кобальтом. В целом большинство почв региона также испытывают дефицит подвижного Со [237].

Содержание подвижного Со в черноземах Центрального Черноземья близко к его среднему содержанию (2,2 мг/кг), установленному В.В. Ковальским и Г.А. Андриановой (1970) для черноземов [105]. В верхних горизонтах количество подвижного кобальта составляет от 7 до 23 % валового, в материнских породах – 5 – 13 %. Самое высокое содержание подвижного Со характерно для обыкновенных черноземов (1,2 - 3,8 мг/кг). Однако существенной разницы в количестве подвижного кобальта в подтипах черноземов не обнаружено [236].

Анализ данных сплошного агрохимического обследования свидетельствует о том, что в почвах Воронежской области за последнее десятилетие (2006 – 2015 гг.) происходит снижение содержания подвижного кобальта (таблица 8).

Так, если по результатам обследования VIII тура почвы области характеризовались низкой и средней обеспеченностью этим элементом (соответственно 68,8 и 28,5 % пашни), а средневзвешенное значение данного параметра составляло 0,14 мг/кг, то за последующий пятилетний цикл произошло некоторое снижение средневзвешенного содержания подвижного кобальта - на 0,03 мг/кг и сокращение площадей со средним и высоким содержанием данного элемента соответственно на 23,3 и 2,6 %, тем самым увеличив площадь с низким содержанием на 25,9 %, которое составило 94,7 %.

Рассматривая распределение площадей по степени обеспеченности в разрезе районов, следует отметить небольшие территории, в которых площадь почв с содержанием подвижного кобальта характеризовалась как высокообеспеченная (приложение И 1 – И 2).

К таким районам по данным восьмого тура можно отнести Воробьевский - 44,3 %, Таловский – 17,1, Кантемировский – 12,2, Грибановский – 11,4, Новоусманский – 7,0, Калачеевский – 5,5, Верхнемамонский – 5,5, Хохольский – 1,6 % от обследованной площади, концентрация данного элемента в этих почвах варьировала в пределах 0,15 – 0,27 мг/кг. Остальные районы имели незначительные территории с высоким содержанием подвижного кобальта (< 0,5 % от обследованной).

Результаты девятого цикла агрохимических наблюдений свидетельствуют также о незначительных территориях в Бобровском, Кантемировском, Нижнедевицком и Острогожском районах, где на долю почв с высоким содержанием подвижного кобальта приходится всего лишь 0,1 – 0,2 % от обследованной площади.

Таким образом, в настоящее время проблема кобальта в земледелии Воронежской области весьма актуальна. По административным районам процент низкообеспеченных почв этим элементом составляет от 64,5 до 100 %. Такие районы, как Воробьевский, Репьевский и Таловский, где их доля равна 100 %, наблюдается острый дефицит подвижного кобальта в почвах, что необходимо учитывать при планировании системы удобрения культур (приложение И 2). Средневзвешенное содержание подвижного кобальта по районам области варьировало в пределах 0,06 – 0,27 и 0,1 – 0,15 мг/кг соответственно в восьмом и девятом турах (приложение И 1 – И 2). Превышение его ПДК (5 мг/кг) в почвах области за период исследований зафиксировано не было.

В заключение необходимо отметить, что все почвы 32 административных районов Воронежской области не содержат цинк, медь, марганец и кобальт в токсических для растений концентрациях. Напротив, в настоящее время в целом по области практически все они имеют острый дефицит по цинку, меди и кобальту (соответственно 99,7, 96,5 и 94,7 % от обследованной площади), а также 86,9 % отличаются недостаточным содержанием подвиж-

ного марганца. По характеристике обеспеченности подвижные микроэлементы в области образуют следующий убывающий ряд: $Mn > Co > Cu > Zn$.

В этой связи в перспективном земледелии нашего региона дефицит в почве представленных микроэлементов может оказаться фактором, сдерживающим дальнейший рост урожаев и качества продукции. Поэтому при разработке системы удобрения сельскохозяйственных культур необходимо предусматривать применение микроудобрений, содержащих эти элементы.

Глава V ДИНАМИКА УРОЖАЙНОСТИ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ПЕРИОД С 1976 ПО 2010 г.

В основу проводимого агрохимической службой мониторинга плодородия почв положен комплекс определяемых показателей различных свойств почв, от которых зависит продуктивность земледелия. Интегральным показателем плодородия является урожайность сельскохозяйственных культур [147].

Анализ производства зерна, сахарной свеклы, кукурузы на силос и подсолнечника за последние 35 лет показывает, что по мере повышения культуры земледелия, укрепления материально-технической базы хозяйств, внедрения в производство высокопродуктивных сортов и гибридов урожайность основных сельскохозяйственных культур области возрастала.

Следует отметить, что ведущая роль в повышении эффективности земледелия принадлежит созданию оптимального питания растений благодаря применению удобрений, так как почвенное плодородие черноземов позволяет получать только 18 - 20 ц/га зерновых, 100 - 120 ц/га сахарной свеклы [78].

5.1 Влияние уровня применения удобрений на урожайность озимой пшеницы в хозяйствах Воронежской области

Одной из основных задач современного земледелия остается получение высоких урожаев зерновых культур высокого качества, позволяющих в полной мере удовлетворить потребности внутреннего рынка в продовольственном и фуражном зерне [284].

Озимая пшеница – одна из ведущих зерновых культур в земледелии России, в том числе и в Воронежской области. Она является наиважнейшей продовольственной культурой, используемой в основном в хлебопечении. Ею питается около 70 % населения Земли. Пшеничные хлебо-булочные изде-

лия, крупа, макароны и др. - вкусные, питательные и легко перевариваемые продукты, пользующиеся постоянным спросом потребителя. Лучшие сорта макарон - из высокобелковой (17-18 %) твердой пшеницы [245].

Манная крупа и другие крупяные изделия из твердой пшеницы по своей питательной ценности превосходят другие продукты диетического питания в лечебных и детских учреждениях [46, 262].

Кроме ценного сырья для пищевой промышленности, продукты переработки озимой пшеницы, такие как пшеничные отруби, используют в кормлении сельскохозяйственных животных [61].

Возделывают озимую пшеницу во многих странах мира. В России площади ее посева колеблются в разные годы от 8 до 11 млн га. В ЦЧЗ площадь ее составляет около 2 млн га. Озимую пшеницу выращивают преимущественно в степных и лесостепных зонах во всех регионах, где имеются нормальные условия перезимовки. Основные районы ее возделывания: Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская область и Центрально-Черноземный регион. Выращивают ее и в ряде областей Нечерноземья (Московская, Брянская, Владимирская, Калужская, Смоленская, Тульская и др. области), на юге Урала и Западной Сибири (Алтайский край, Омская область и др.) [245].

Озимая пшеница – главнейшая зерновая культура, так как она дает более высокие урожаи по сравнению с яровыми. Особенно повысилась урожайность озимой пшеницы в последние годы, когда основные посевные площади стали занимать высокопродуктивные сорта интенсивного типа [37].

Новые сорта зерновых культур по урожайности имеют большие потенциальные возможности, успешно реализовать которые можно при разработке оптимальной системы питания на основе научных исследований [296].

Здесь следует отметить высокую эффективность от внесения минеральных и органических удобрений, которая значительно повышает урожайность и качество зерна озимой пшеницы [37, 99, 122, 185, 190].

Так, при хорошей обеспеченности влагой, своевременном и качественном проведении всех агроприемов на черноземах юга страны без внесения удобрений получают по 30 - 40 ц/га зерна озимой пшеницы, а при научно обоснованной системе применения удобрений на этих почвах, даже несмотря на высокое их плодородие, здесь получают по 50 - 60 ц/га и более [192].

Анализ статистических данных показал, что в Воронежской области за период с 1976 по 1978 год урожайность озимой пшеницы составила в среднем 21,6 ц/га (рисунок 24, приложение К), что, конечно, не соответствует потенциальным возможностям этой культуры.

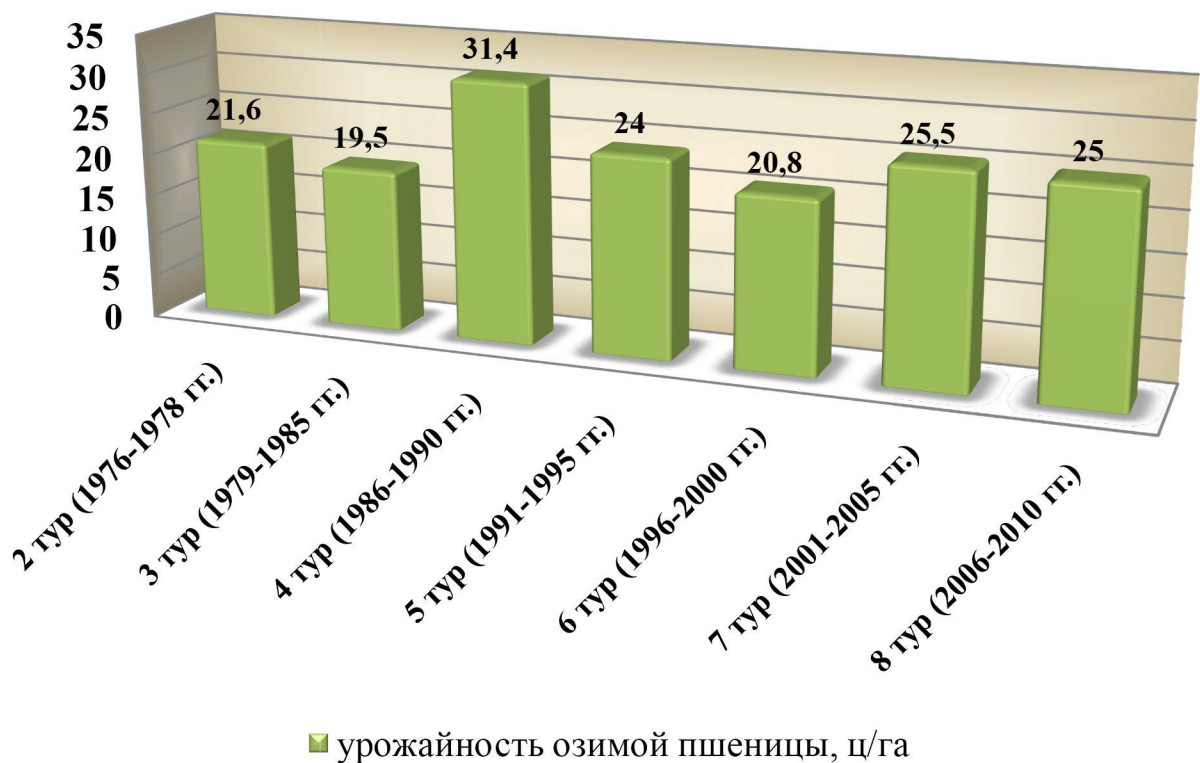


Рисунок 24 – Динамика урожайности озимой пшеницы по турам агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

За период 3-го цикла агрохимического обследования (1979-1985 гг.) урожайность озимой пшеницы оставалась примерно на том же уровне и даже несколько снизилась по сравнению с предыдущим туром, несмотря на рост объемов применения удобрений, что, вероятно, связано как с неблагоприят-

ными климатическими условиями, так и нарушениями технологии возделывания. За период с 1986 по 1990 г. произошел рост урожайности озимой пшеницы в 1,6 раза (с 19,5 до 31,4 ц/га), что напрямую связано с ростом объемов применения минеральных и органических удобрений под эту культуру (рисунок 25, приложение Л).

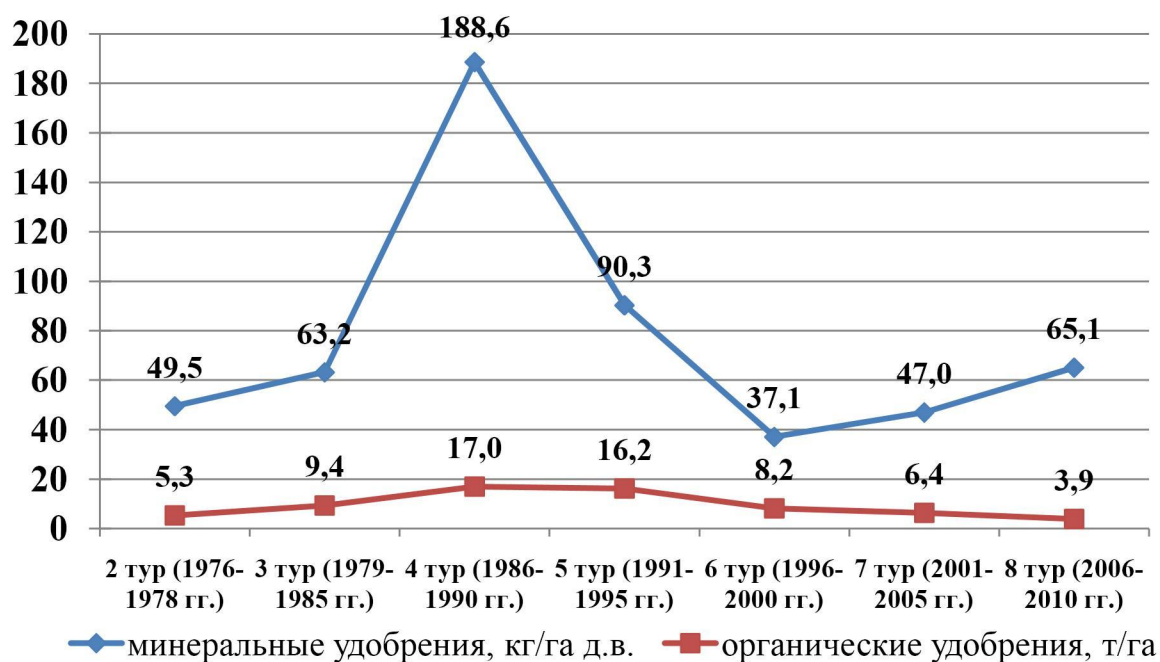


Рисунок 25 – Внесение минеральных и органических удобрений под озимую пшеницу по турам агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

В последующие годы пятого и шестого туров урожайность озимой пшеницы снижалась по сравнению с 4-м туром и соответствовала снижению объемов применения удобрений в эти периоды. Это еще раз подтверждает негативные последствия резкого снижения объемов применения минеральных и органических удобрений в нашей области в этот период.

Увеличение урожайности озимой пшеницы в седьмом и восьмом турах соответственно на 4,7 и 4,2 ц/га по сравнению с шестым туром агрохимического обследования обусловлено прежде всего ростом объемов применения минеральных удобрений, а также сбалансированным их внесением.

Таким образом, если рассматривать динамику урожайности озимой пшеницы в целом за период с 1976 по 2010 г., то можно отметить достаточно четкую зависимость ее уровня от уровня применения удобрений.

Так, начиная со второго тура агрохимического обследования (1976-1978 гг.) внесение минеральных и органических удобрений под озимую пшеницу постоянно увеличивалось и достигло наивысшего значения в четвертом туре (1986-1990 гг.) - 188,6 кг д.в. NPK и 17 т навоза, что в 3,8 и 3 раза минеральных и в 3,2 и 1,8 раза органических удобрений больше, чем во втором и третьем турах соответственно. В этот период была получена максимальная урожайность озимой пшеницы (31,4 ц/га). Однако начиная с 1991 по 2000 год (V и VI туры) внесение минеральных и органических удобрений под озимую пшеницу резко сократилось и составило в шестом туре 37,1 кг/га д.в. NPK и 8,2 т/га навоза, что на 151,5 и 53,2 кг/га д.в. минеральных и 8,8 и 8,0 т/га органических удобрений меньше, чем в четвертом и пятом турах соответственно, что негативным образом отразилось и на уровне урожайности озимой пшеницы.

Так, например, снижение объемов внесения минеральных удобрений за период с 1991 по 2000 год на 80 % снизило урожай озимой пшеницы на 34 % по сравнению с четвертым туром агрохимического обследования. А увеличение в дальнейшем доз минеральных удобрений под эту культуру за период с 2001 по 2010 год на 75 % привело к увеличению урожая на 20 %.

Таким образом, правильное научно обоснованное применение удобрений – важнейший элемент технологии возделывания озимой пшеницы.

Математическая обработка представленных данных, с расчетом коэффициентов корреляции, выявила количественную зависимость урожая озимой пшеницы от доз минеральных и органических удобрений.

Анализ полученных результатов свидетельствует, что урожайность озимой пшеницы находится в сильной зависимости от доз минеральных удобрений и средnezависима от доз органических, коэффициенты корреляции при этом составили соответственно 0,83 и 0,49.

Количественная зависимость изучаемых факторов имеет вид уравнений регрессии, представленных на рисунке 26.

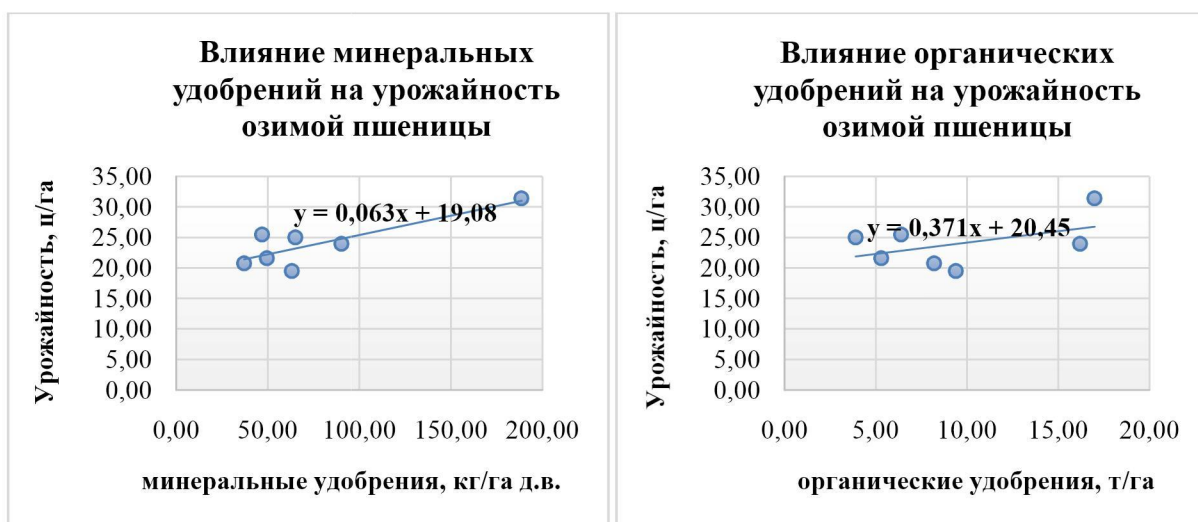


Рисунок 26 - Зависимость между дозами минеральных и органических удобрений и урожайностью озимой пшеницы по турам агрохимического обследования в Воронежской области

для минеральных удобрений: $Y=0,0632x+19,088$

для органических удобрений: $Y=0,3712x+20,45$

Рассчитанные уравнения регрессии, которые характеризуют тесную взаимосвязь между этими величинами, позволяют прогнозировать урожайность озимой пшеницы в зависимости от доз удобрений, применяемых под эту культуру.

Совместное внесение доз минеральных и органических удобрений оказало более сильное влияние на продуктивность озимой пшеницы по сравнению с отдельным их внесением. Коэффициент корреляции при этом составил 0,87, что свидетельствует о высокой эффективности органо-минеральной системы удобрений на урожайность озимой пшеницы.

5.2 Влияние уровня применения удобрений на урожайность сахарной свеклы в хозяйствах Воронежской области

Свеклосахарный комплекс, являясь высокоиндустриальным и энергоемким производством, занимает важное место в структуре АПК России, а вырабатываемая продукция относится к социально значимой группе продовольственных товаров [300].

Сахарная свекла – важнейшая техническая культура, выращиваемая для сахара во многих природно-экономических районах России: Центральном, Волго-Вятском, Центрально-Черноземном, Поволжском, Северо-Кавказском и Западно-Сибирском [192].

В ЦЧР выращивают и заготавливают более половины всей свеклы РФ и вырабатывают около 60 % сахара. Здесь размещена половина всех сахарных заводов страны [245].

Однако, по данным И.И. Гуреева (2009), за последние годы большая часть корнеплодов выращена в четырех регионах: Краснодарском крае (21 %), Воронежской (12 %), Тамбовской (9,5 %), и Курской (9,4 %) областях [63].

В корнеплодах современных сортов сахарной свеклы содержание сахара может достигать 16 – 20 % и даже (у отдельных биотипов) 24 – 26 %. Она также содержит витамины (С, В1, В2), органические кислоты, соли различных оснований, микроэлементы и другие немаловажные вещества [245, 319].

Сахарная свекла имеет большую кормовую ценность. Полевые и заводские отходы ее – листья (ботва), жом и патока - отличный корм для сельскохозяйственных животных. Кроме того, из жома можно получать клей для текстильной и полиграфической промышленности и студнеобразное вещество для производства мармелада, а патоку использовать в качестве сырья для получения спирта, глицерина, пищевых дрожжей, молочной, лимонной и глютаминовой кислот, сахара и других продуктов [192, 250, 309].

К главным факторам, оказывающим влияние на повышение урожайности и улучшение качества сахарной свеклы, относятся удобрения. Так, данные многочисленных исследований целого ряда ученых указывают на высокую отзывчивость сахарной свеклы на применение минеральных и органических удобрений, а также кальцийсодержащих мелиорантов [131, 196, 222, 227, 267, 270].

В условиях дефицита материально-технических средств возникает необходимость совершенствования технологий возделывания, поиска путей эффективного использования удобрений и приемов повышения продуктивности и качества корнеплодов сахарной свеклы [183].

Постепенное совершенствование технологий возделывания сахарной свеклы, а также выведение высокопродуктивных гибридов позволили в Воронежской области за 35 лет увеличить урожайность сахарной свеклы в 1,5 раза. Однако из-за неравномерного и несбалансированного поступления элементов питания в почву урожайность сахарной свеклы, как и озимой пшеницы, по периодом агрохимического обследования сильно варьировала (рисунок 27, приложение К).

Так, во втором туре агрохимического обследования урожайность сахарной свеклы составила 177 ц/га. В период с 1979 по 1985 год урожайность сахарной свеклы снизилась по сравнению со вторым туром на 47,7 ц/га и составила 129,3 ц/га. Это связано как со снижением объемов внесения удобрений, так и неблагоприятными метеорологическими условиями, сложившимися в основные фазы развития растений, что негативным образом отразилось на продуктивности сахарной свеклы.

В четвертом туре (1986-1990 гг.) был отмечен рост урожайности корнеплодов по сравнению с прошлыми турами, которая составила в среднем по области 228,1 ц/га. В этот период применение удобрений под сахарную свеклу оставалось на достаточно высоком уровне, а погодные условия были благоприятными в период вегетации и во время уборки. В 1991-2000 гг. урожайность сахарной свеклы резко снизилась - до 145 – 150 ц/га, что напрямую

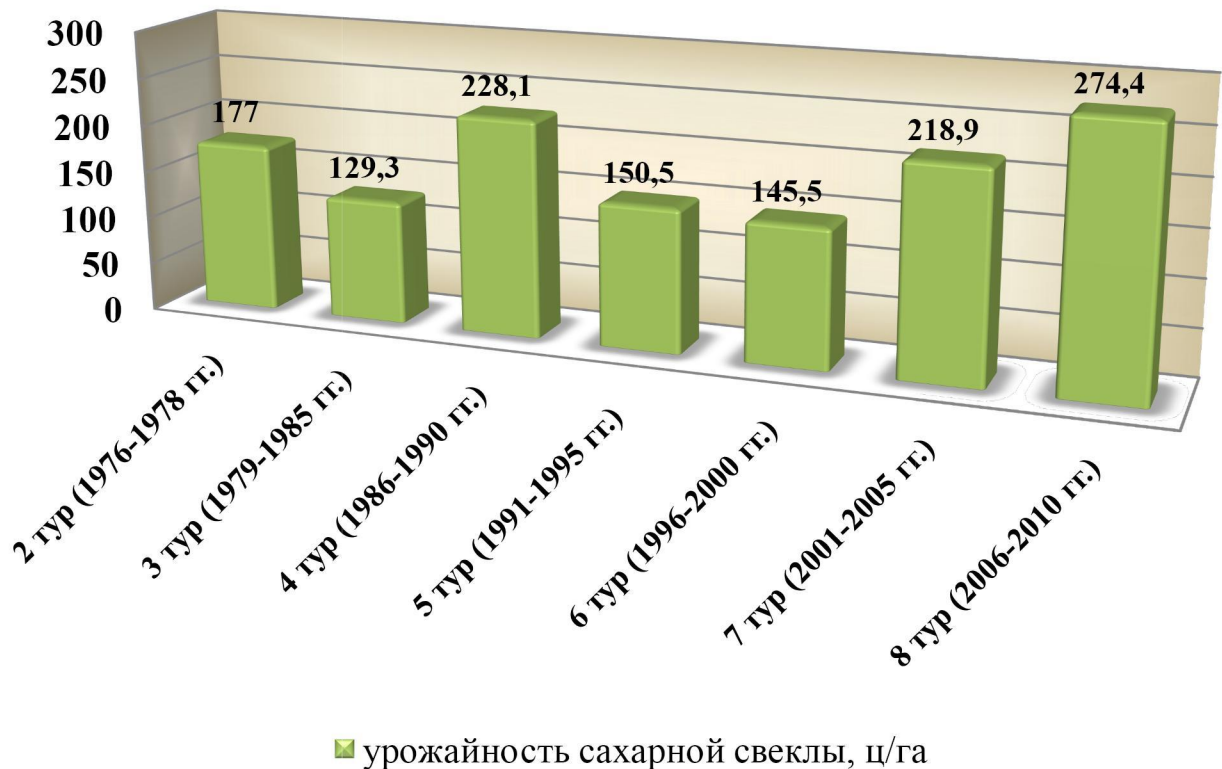


Рисунок 27 – Динамика урожайности сахарной свеклы по турам агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

связано с резким снижением объемов внесения минеральных удобрений под данную культуру (рисунок 28, приложение Л).

Здесь следует отметить, что в период с 1986 по 2000 г. (IV - VI циклы) хотя и происходило заметное снижение внесения минеральных удобрений (с 381,8 до 87,4 кг/га д.в.), однако урожайность корнеплодов сахарной свеклы оставалась примерно на одном уровне по сравнению со вторым и третьем турами, где в среднем на 1 га посевной площади вносилось значительно больше минеральных удобрений – соответственно 441,1 и 427,8 кг д.в..

Это, на наш взгляд, объясняется, во-первых, применением более продуктивных сортов и гибридов сахарной свеклы и, во-вторых, благоприятными метеорологическими условиями, сложившимися в IV и начале V туров вегетационных периодов данной культуры.

В седьмом и восьмом турах в период с 2001 по 2010 год отмечен рост

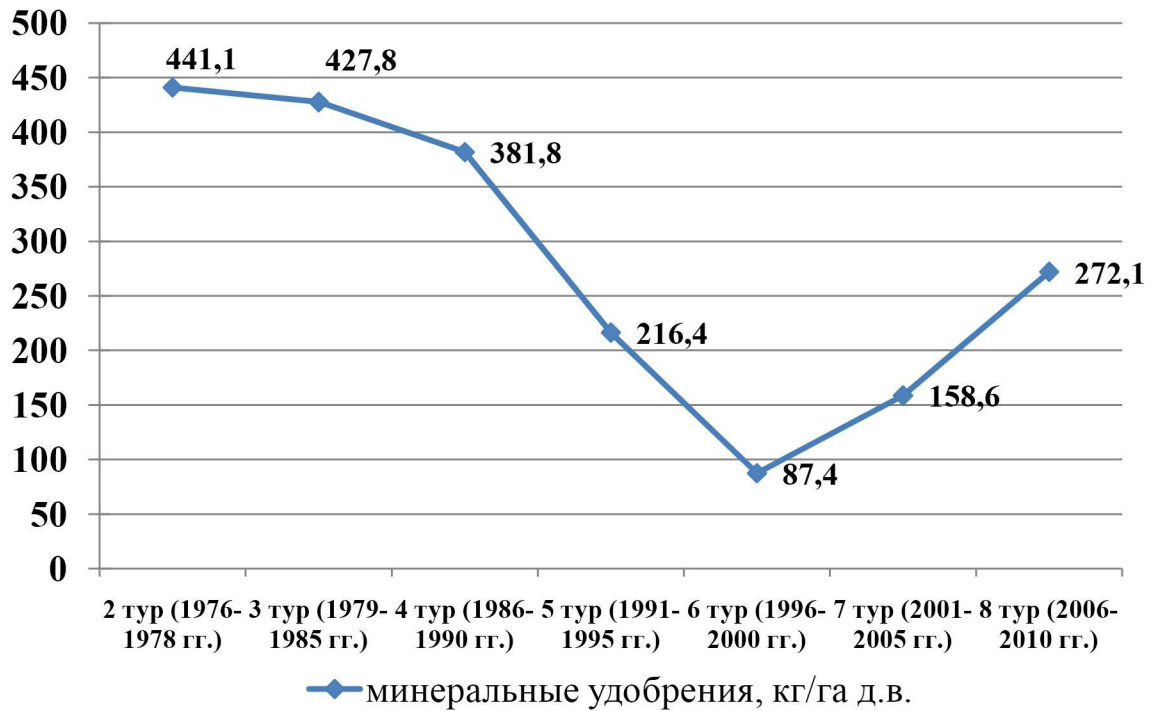


Рисунок 28 – Внесение минеральных удобрений под сахарную свеклу по турам агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

урожайности корнеплодов сахарной свеклы соответственно до 218,9 и 274,4 ц/га, что на 73,4 и 128,9 ц/га больше по сравнению с шестым туром агрохимического обследования. Это связано на наш взгляд, во - первых, с увеличением доз внесения минеральных удобрений (в 2 и 3 раза по сравнению с шестым туром), а во - вторых, с применением высокопродуктивных сортов и гибридов сахарной свеклы за последнее десятилетие.

Если рассматривать динамику поступления минеральных удобрений под сахарную свеклу, то можно отметить следующее: начиная со второго тура агрохимического обследования (1976-1978 гг.) по шестой тур включительно (1996-2000 гг.) отмечалось резкое (в 5 раз) снижение объемов внесения минеральных, а с 2001 года, или с седьмого тура агрохимического обследования, по 2010 год прослеживалась положительная тенденция увеличения (в 3 раза) объемов внесения минеральных удобрений.

Обращает на себя внимание тот факт, что внесение высоких доз минеральных удобрений под сахарную свеклу не приводит к симметричному рос-

ту урожайности. Так, внесение повышенных норм минеральных удобрений под сахарную свеклу в период с 1976 по 1985 год (в этот период на 1 га посевной площади были внесены максимальные дозы удобрений за весь период исследований - соответственно 441,1 и 427,8 кг д.в. NPK во втором и третьем турах) не привело к росту урожайности, что согласуется с данными, полученными в ходе многочисленных исследований целого ряда ученых [51, 198, 256, 268]. Авторы указывают, что увеличение норм удобрений свыше 240 кг/га д.в. не только не приводит к достоверному увеличению урожайности, но и снижает окупаемость затрат единицей продукции, а также выход сахара в корнеплодах.

Резкое снижение объемов применения минеральных удобрений в пятом туре (1991-1995 гг.) - на 44 % и в шестом (1996-2000 гг.) - на 77 % по сравнению с четвертым туром привело к заметному снижению урожайности корнеплодов сахарной свеклы соответственно на 34 и 36 %.

Однако начиная с седьмого тура агрохимических исследований (2001-2005 гг.) увеличение доз минеральных удобрений на 81 % по сравнению с 1996-2000 гг. увеличило урожай сахарной свеклы на 50 %, а дальнейшее увеличение норм внесения удобрений в восьмом туре на 72 % по сравнению с предыдущим туром положительно сказалось на урожайности, которая увеличилась на 25 % и достигла максимального значения – 274,4 ц/га.

Корреляционная оценка влияния доз минеральных удобрений на продуктивность сахарной свеклы за период с 1976 по 2010 год не выявила положительной связи между этими факторами, при этом связь урожайности с дозами органических удобрений была средней, коэффициент корреляции составил 0,44.

Однако, если провести корреляционный анализ за два периода: первый с 1976 по 1995 год (II - V туры агрохимического обследования) и с 1996 по 2010 год (VI - VIII туры), то картина выглядит иначе. В первый период (1976-1995 гг.) зависимость между дозами минеральных удобрений и продуктивностью сахарной свеклы была слабой, коэффициент корреляции - 0,14. Это

объясняется, на наш взгляд, следующим: во-первых, низкоурожайными сортами, а во-вторых, низкой производительностью уборочной техники и ее нехваткой в этот период (корнеплоды не успевали вывозить с поля, тем самым занижались среднеобластные показатели урожайности сахарной свеклы). В то время как во втором периоде наблюдений (1996-2010 гг.) прослеживается сильная зависимость между дозами минеральных и органических удобрений с продуктивностью корнеплодов сахарной свеклы, коэффициенты корреляции составили соответственно 0,98 и 0,82. Количественная зависимость в этот период носит прямолинейный характер и выражается следующими уравнениями регрессии, представленными на рисунке 29.

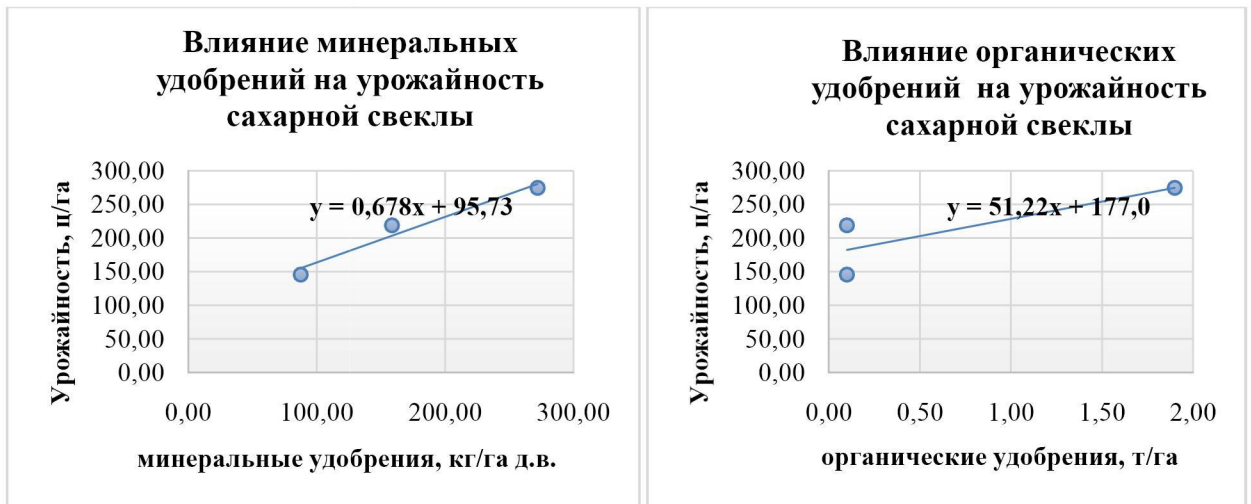


Рисунок 29 - Зависимость между дозами минеральных и органических удобрений и урожайностью сахарной свеклы за период с 1996 по 2010 г. агрохимического обследования в Воронежской области

для минеральных удобрений: $Y=0,6786x+95,735$

для органических удобрений: $Y=51,222x+177,08$

Рассчитанные уравнения регрессии, позволяют прогнозировать урожайность сахарной свеклы в зависимости от доз удобрений.

Таким образом, из всего сказанного можно заключить, что применение в нашей области зарубежных высокопродуктивных сортов и гибридов сахар-

ной свеклы в начале XXI столетия значительно повысило урожай данной культуры. Однако значительную роль в формировании урожая играют минеральные удобрения и без сбалансированного и оптимального их применения реализовать потенциальные возможности данных сортов и гибридов сахарной свеклы не представляется возможным.

5.3 Влияние уровня применения удобрений на урожайность кукурузы на силос в хозяйствах Воронежской области

Кукуруза в Центрально-Черноземной зоне стала одной из ведущих культур благодаря высокому потенциалу урожайности, кормовым достоинствам и разностороннему использованию.

Особенно важно значение кукурузы как фуражной культуры. Зерно и початки – ценные концентрированные корма, зеленая масса и силос – сочные корма, ее солома и стержни початков в измельченном виде – хорошие грубые корма. Биомасса кукурузы содержит значительное количество углеводов, в достаточной степени жира, но относительно мало протеина. В кукурузном силосе на 1 к.ед. приходится лишь 70 г протеина (а необходимо 100 г) [181, 245].

Увеличения производства кормов и улучшения их качественных показателей можно достигнуть за счет сбалансированного использования минеральных, органических удобрений, а также кальцийсодержащих соединений [32, 181, 192, 274].

При недостатке минеральных удобрений, что имеет место в настоящее время в большинстве хозяйств зоны, под кукурузу вносят или только органические удобрения или один-два элемента питания в виде минеральных удобрений [283].

Хотя обобщение результатов многих полевых опытов, а также анализ литературных данных свидетельствует о том, что кукуруза хорошо реагирует

прежде всего на внесение азотных удобрений, совместное же внесение питательных веществ больше повышает урожай, чем раздельное [192].

Усовершенствование технологии возделывания кукурузы применительно к конкретным почвенно–климатическим условиям, внедрение высокопродуктивных сортов и гибридов, создание оптимального минерального питания позволят значительно увеличить продуктивность этой культуры [181].

В Воронежской области за период наших наблюдений урожайность зеленой массы кукурузы увеличивалась со второго до четвертого тура агрохимического обследования (1976-1990 гг.) (рисунок 30, приложение К).

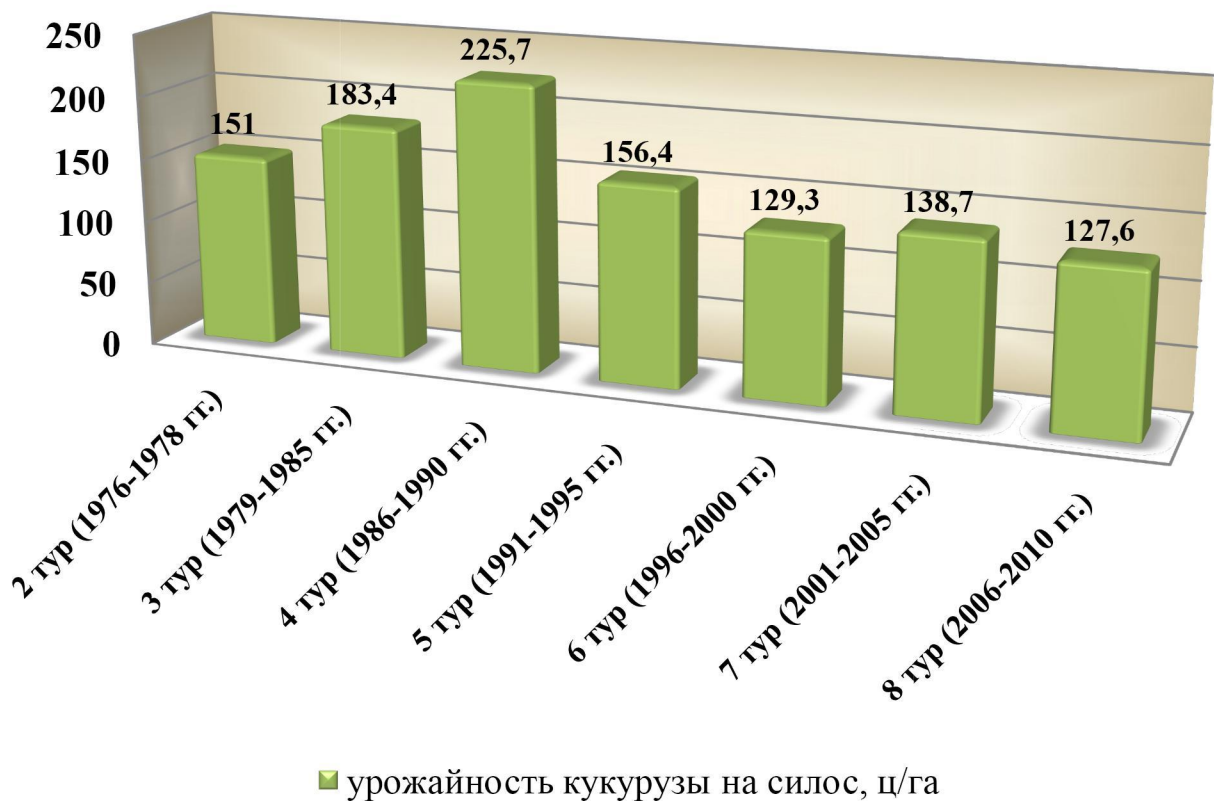


Рисунок 30 – Динамика урожайности кукурузы на силос по турам агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

Во втором и третьем туре агрохимического обследования урожайность составила соответственно 151,0 и 183,4 ц/га. В 1986-1990 гг. (когда в нашей

области был отмечен максимум применения минеральных и органических удобрений) была получена максимальная урожайность кукурузы на силос, которая составила 225,7 ц/га. В период с 1991 по 2000 годы отмечено резкое снижение урожайности зеленой массы по сравнению с 1986-1990 гг. – соответственно на 69,3 и 96,4 ц/га в пятом и шестом турах, что, на наш взгляд, напрямую связано со снижением объемов внесения минеральных и органических удобрений (рисунок 31, приложение Л).

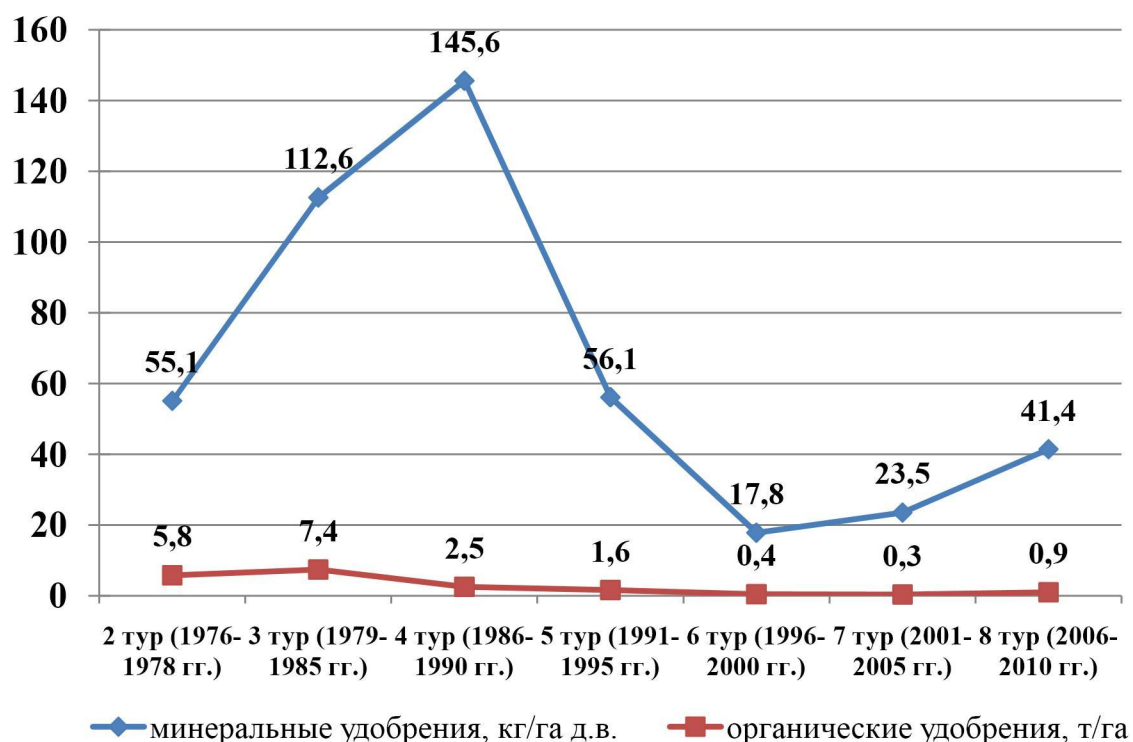


Рисунок 31 – Внесение минеральных и органических удобрений под кукурузу на силос по турам агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

В последующий пятилетний цикл агрохимических наблюдений (2001-2005 гг.) применение удобрений начало возрастать и несколько повышалась урожайность кукурузы на силос.

Так, за период 2001-2005 гг. урожайность зеленой массы кукурузы в среднем по области составила 138,7 ц/га, что на 9,4 ц/га больше, чем в пре-

дыдущем туре. В 2006-2010 гг. урожайность снизилась соответственно на 1,7 и 11,1 ц/га по сравнению с шестым и седьмым турами, что, видимо, связано с остро засушливыми условиями вегетационного периода 2010 года.

Увеличение урожайности кукурузы на силос в третьем и четвертом турах агрохимического обследования, обусловлено прежде всего ростом объемов внесения минеральных и органических удобрений. Так, за период с 1976 по 1990 год увеличение норм внесения минеральных удобрений в 2,6 раза оказало положительное влияние на урожайность зеленой массы кукурузы, которая увеличилась в 1,5 раза, а уменьшение норм минеральных удобрений на 88 % в период с 1991 по 2000 год привело к снижению урожая на 43 %.

Так, если во втором туре агрохимического обследования посеvy кукурузы на силос получили 55,1 кг/га д.в. NPK и 5,8 т/га навоза, то в третьем и четвертом - соответственно: 112,6 и 145,6 кг/га д.в. минеральных и 7,4 и 2,5 т/га органических удобрений. В пятом и шестом турах (1991-2000 гг.) на 1 га посевной площади кукурузы на силос было внесено 56,1 и 17,8 кг д.в. NPK и 1,6 и 0,4 т навоза, что на 89,5 и 127,8 кг д.в. минеральных и 0,9 и 2,1 т органических удобрений меньше, чем за период с 1986 по 1990 год.

За два последующих цикла агрохимического обследования (период с 2001 по 2010 гг.) поступление минеральных удобрений увеличилось на 5,7 и 23,6 кг д.в. по сравнению с шестым туром и составило - 23,5 и 41,4 кг д.в. на 1 га пашни NPK соответственно в седьмом и восьмом турах, что привело к росту урожайности.

Таким образом, увеличение объемов применения минеральных и органических удобрений на посевах под кукурузу на силос оказывает положительное влияние на урожайность ее зеленой массы.

Проведенный корреляционный анализ установил положительную связь между урожайностью кукурузы на силос и дозами минеральных и органических удобрений, внесенных под эту культуру.

Коэффициенты корреляции указывают на сильную связь урожая зеленой массы кукурузы с дозами минеральных удобрений ($k=0,97$) и среднюю – с дозами органических удобрений ($k=0,43$).

Следовательно, имеется прямая зависимость между этими показателями, которая количественно выражается уравнениями регрессии, представленными на рисунке 32.

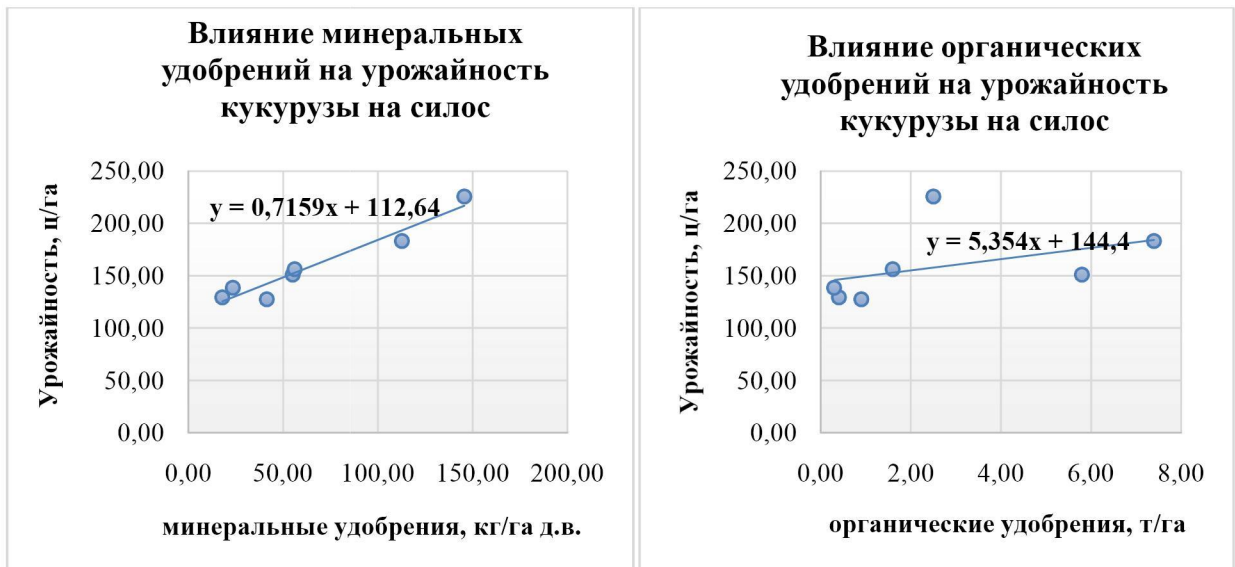


Рисунок 32 - Зависимость между дозами минеральных и органических удобрений и урожайностью кукурузы на силос по турам агрохимического обследования в Воронежской области

для минеральных удобрений: $Y=0,7159x+112,64$

для органических удобрений: $Y=5,3546x+144,41$

Полученные уравнения регрессии позволяют прогнозировать урожайность кукурузы на силос в зависимости от доз минеральных и органических удобрений, применяемых под эту культуру.

Для определения зависимости урожая зеленой массы кукурузы от совместного влияния двух изучаемых факторов был рассчитан коэффициент корреляции, величина которого составила - 0,97, что указывает на высокую

эффективность совместного внесения навоза и минеральных удобрений под эту культуру.

5.4 Влияние уровня применения удобрений на урожайность подсолнечника в хозяйствах Воронежской области

Подсолнечник – основная масличная культура в нашей стране. Среди этой группы культур подсолнечник занимает около 70 % посевных площадей. Основные площади посевов подсолнечника сосредоточены на Северном Кавказе, в Поволжье, а также в Центрально-Черноземной зоне.

Подсолнечное масло используется непосредственно в пищу и в кулинарии, широко применяется для приготовления различных сортов маргарина, майонеза, овощных и рыбных консервов, кондитерских и хлебобулочных изделий. Часть масла, непригодного в пищу, используют для производства мыла, олифы, линолеума, клеенки и других изделий.

При переработке семян на масло побочно получают около 35 % жмыха или шрота, который широко используют как концентрированный корм для животных. Прекрасным кормом для животных являются и корзинки подсолнечника [192, 245].

Подсолнечник отзывается на удобрения меньшими прибавками урожая, чем зерновые культуры. Это объясняется слабой активностью нитратредуктазы и других ферментов, регулирующих азотный обмен в растениях подсолнечника. Тем не менее научно обоснованное использование минеральных удобрений в сочетании с другими звеньями технологии позволяет получать высокую отдачу [108, 192].

Однако следует учитывать, что избыток удобрений, особенно азотных, делает растения менее устойчивыми к засухе и болезням, ведет к снижению масличности семян [245].

В Воронежской области за семь циклов агрохимического обследования постепенное совершенствование технологии возделывания подсолнечника, а

также применение в последнее десятилетие высокопродуктивных сортов и гибридов позволило повысить его урожай в 1,5 раза (рисунок 33, приложение К).

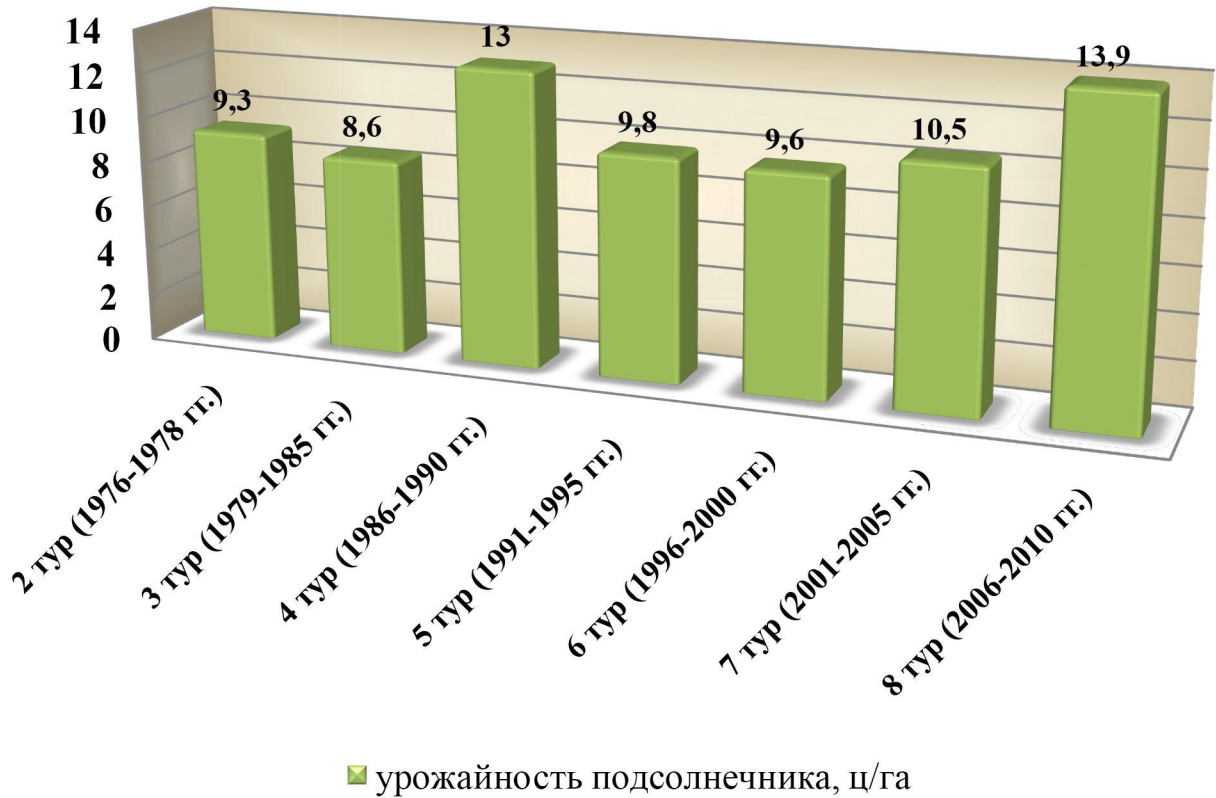


Рисунок 33 – Динамика урожайности подсолнечника по турам агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

Во втором и третьем турах агрохимического обследования урожайность подсолнечника составила соответственно 9,3 и 8,6 ц/га. В период с 1986 по 1990 г. урожайность подсолнечника, как и других основных сельскохозяйственных культур области, возросла и составила 13,0 ц/га. В 1991-2000 гг. урожайность подсолнечника снизилась до 9,6 - 9,8 ц/га, что связано, на наш взгляд, с резким снижением объемов внесения минеральных удобрений в этот период (рисунок 34, приложение Л).

Рост урожайности семян подсолнечника в седьмом и восьмом турах (2001-2010 гг.) связан как с ростом применения удобрений, так и внедрением

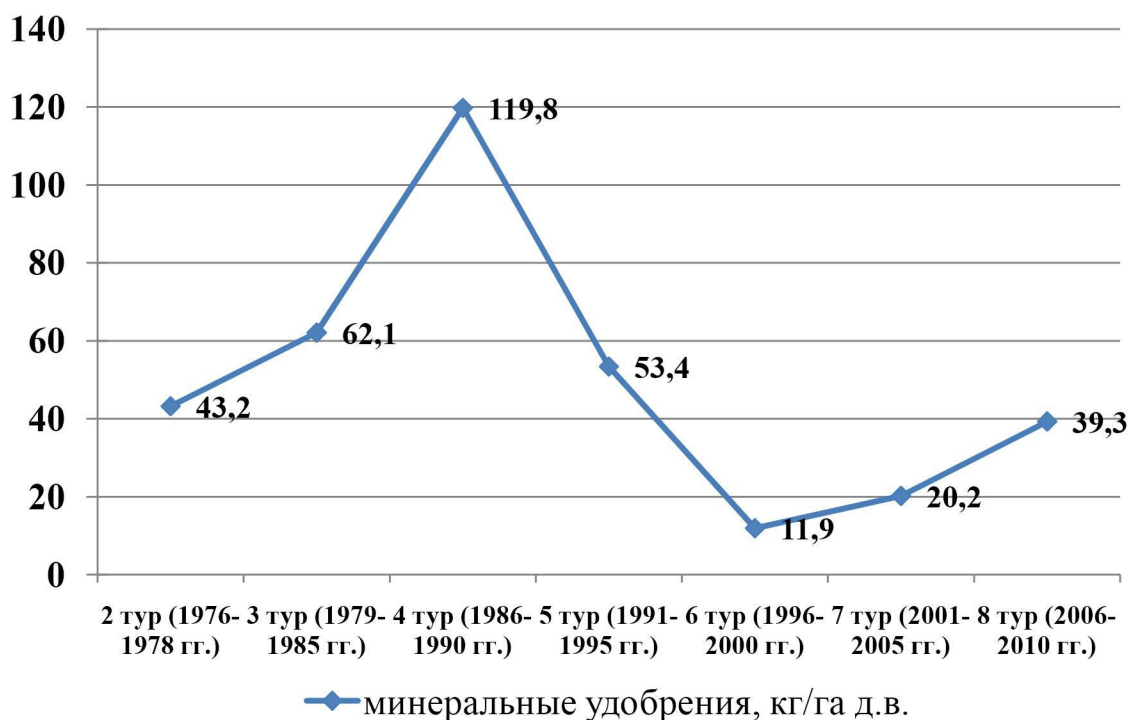


Рисунок 34 – Внесение минеральных удобрений под подсолнечник по турам агрохимического обследования в хозяйствах Воронежской области

высокопродуктивных сортов и гибридов. Так, увеличение норм внесения минеральных удобрений под посевы подсолнечника в 1,7 и 3,3 раза по сравнению с 1996-2000 гг. привело к росту урожайности его на 9 и 45 % (в седьмом и восьмом турах) она составила соответственно 10,5 и 13,9 ц/га.

Внесение минеральных удобрений в период с 1976 по 1990 год под посевы подсолнечника постоянно увеличивалось. Начиная с 1991 года объемы применения удобрений резко сократились и только с 2001 года, или седьмого тура агрохимических наблюдений, наметилась положительная тенденция увеличения объемов применения удобрений.

Так, если во втором туре под посевы подсолнечника поступило 43,2 кг/га д.в. NPK, в третьем - 62,1, то в четвертом это количество на 1 га посевной площади составило 119,8 кг д.в., что на 76,6 и 57,7 кг/га д.в. NPK больше по сравнению соответственно со вторым и третьем турами. В пятом туре посевы подсолнечника получили на 66,4 кг/га д.в. минеральных удобрений.

ний меньше, чем в четвертом, а в шестом - на 41,5 кг/га д.в. меньше, чем в пятом.

За 10 последующих лет (с 2001 по 2010 г.) внесение минеральных удобрений постоянно увеличивалось и составило 20,2 и 39,3 кг/га д.в. NPK соответственно в седьмом и восьмом турах агрохимического обследования, что на 8,3 и 27,4 кг/га д.в. больше по сравнению с шестым туром.

Таким образом, положительная роль минеральных удобрений в повышении урожая семян подсолнечника очевидна.

Для определения зависимости урожая подсолнечника от доз минеральных и органических удобрений, применяемых под эту культуру, были рассчитаны коэффициенты корреляции, которые свидетельствуют о средней связи между изучаемыми факторами.

Коэффициенты корреляции между урожайностью подсолнечника и дозами минеральных и органических удобрений составили соответственно 0,37 и 0,64. Количественная зависимость между указанными величинами выражается уравнениями регрессии, представленными на рисунке 35.

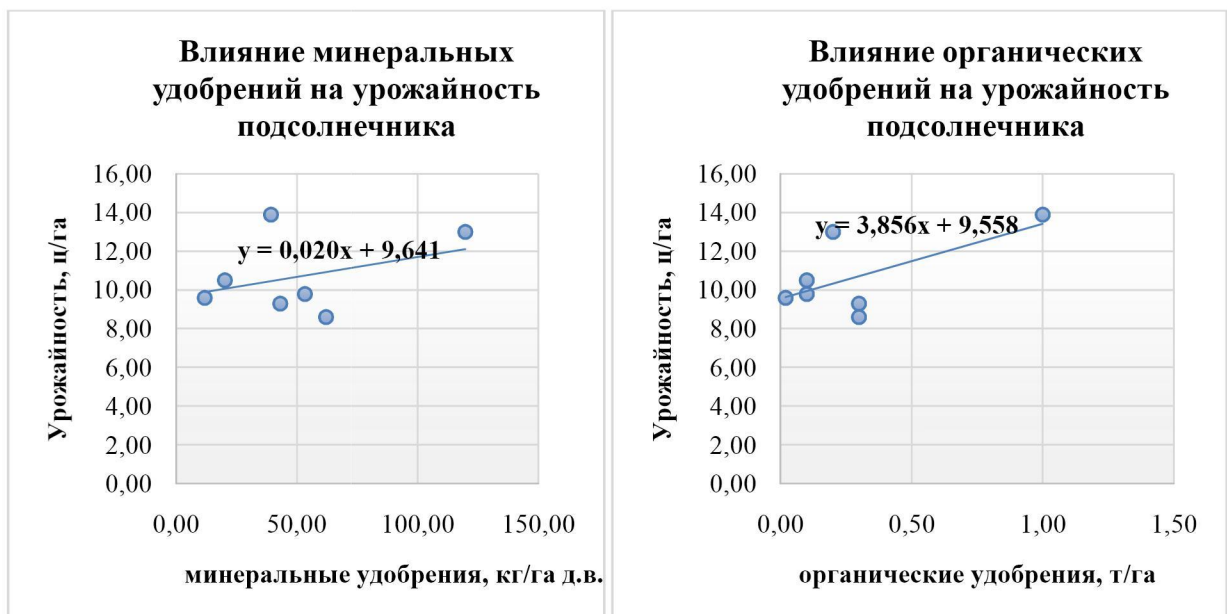


Рисунок 35 - Зависимость между дозами минеральных и органических удобрений и урожайностью подсолнечника по турам агрохимического обследования в Воронежской области

для минеральных удобрений: $Y=0,0206x+9,6411$

для органических удобрений: $Y=3,8567x+9,5585$

При известных дозах минеральных и органических удобрений полученные уравнения регрессии позволяют прогнозировать урожайность подсолнечника.

Оценка совместного действия минеральных и органических удобрений на продуктивность подсолнечника показала более тесную связь между изучаемыми величинами, коэффициент корреляции составил 0,73, что подтверждает высокую отзывчивость подсолнечника на действие органоминеральной системы удобрений.

Таким образом, основную роль в повышении эффективности земледелия и получении высоких и стабильных урожаев основных сельскохозяйственных культур области играет сбалансированное применение минеральных и органических удобрений. Об этом свидетельствует хозяйственная деятельность колхозов и совхозов Воронежской области за 1986-1990 гг., когда на 1 га пашни стали вносить в среднем за год по 118,8 кг д.в. NPK и 3,4 т навоза (приложения А, В), в результате чего в почве сложился положительный баланс элементов питания (приложение Д). В эти годы под озимую пшеницу на 1 га посевной площади вносили по 17 т навоза и 188,6 кг д.в. NPK, под сахарную свеклу минеральных удобрений - 381,8 кг д.в., под кукурузу на силос - 2,5 т навоза и 145,6 кг д.в. NPK и под подсолнечник 119,8 кг/га д.в. минеральных удобрений (приложение Л). Это способствовало увеличению их урожайности за период с 1976 по 1990 год: озимой пшеницы - на 9,8 ц/га, сахарной свеклы – на 51,1 ц/га, кукурузы на силос - на 74,7 ц/га и подсолнечника – на 3,7 ц/га (приложение К). Однако с 1991 года происходило постоянное снижение объемов применения удобрений, особенно резко этот процесс пошел с 1993 года. Так, если в 1993 году на гектар пашни в среднем по области было внесено 3,2 т навоза и 36,1 кг д.в. минеральных удобрений, то в 1996-2000 гг. эти показатели составили соответственно 1,7 т и 19,4 кг д.в., а на многих полях удобрения совсем не вносили, в результате чего в почве сло-

жился отрицательный баланс элементов питания. Все это негативным образом отразилось на урожайности основных культур Воронежской области. В результате этого почвенное плодородие стало падать, а продуктивность полей снижаться. И только с 2001 года наметилась положительная тенденция применения минеральных и органических удобрений и, как следствие, постепенный рост урожая основных сельскохозяйственных культур нашего региона.

Глава VI НЕТРАДИЦИОННЫЕ ВИДЫ УДОБРЕНИЙ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Воронежские черноземы, несмотря на большое потенциальное плодородие, частично утратили механизмы устойчивости и требуются определенные вложения для их поддержания в виде разумного использования агрохимикатов [117].

Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур невозможно без широкого использования минеральных удобрений. Однако высокая стоимость ограничивает возможность их применения. В связи с этим актуальным становится использование местных сырьевых ресурсов, среди которых определенным интерес представляют глауконитовые пески, фосфориты и мелиоранты.

Глауконитовые пески отличаются целым набором элементов питания: K_2O , P_2O_5 , MgO , CaO , Fe_2O_3 и рядом микроэлементов. Область располагает большими запасами глауконитов, сосредоточенных в основном на правом берегу Дона.

В последнее время в области перспективным стало использование глауконитов в качестве минерального сырья. Предпосылкой к тому является содержание в глауконитах окиси калия (до 4 %), окиси кремния (до 80 %), окиси фосфора (до 3 %), способность быстро высвобождать легкоусвояемые соединения (приложение М).

Кремнезем глауконитов при определенных условиях в почве переходит в аморфное состояние и становится доступным растениям в виде натриевых и калиевых солей кремниевых кислот. Несмотря на высокое содержание кремния в глауконитах, биогенного кремния может быть всего до 3 % вследствие невысокой растворимости аморфного кремния в почвенном растворе [33].

В процессе превращения аморфного кремния в растворимую монокремниевую кислоту большую роль, очевидно, играет микрофлора почвы,

особенно силикатные бактерии. Кремний, регулирующий обменные реакции в живой клетке, остается эффективным и в водорастворимом состоянии [83].

Кремний оказывает влияние на групповой состав фосфатов почвы, увеличивая содержание подвижных форм фосфора, повышая растворимость труднодоступных его соединений и улучшая фосфатный обмен в растениях [304]. Почвы испытывают дефицит кремния при pH менее 5,5.

В глауконитах в значительном количестве присутствуют микроэлементы: медь, цинк, кобальт, марганец. Содержание цинка, кадмия, хрома, меди, свинца и нитратного азота не превышает предельно допустимые концентрации для почв (приложение М). Суммарная удельная активность природных и техногенных радионуклидов (радий - 226, торий - 232, калий - 40, цезий - 134, 137, стронций - 90) - менее 90 Бк/кг.

Глаукониты обладают высокими адсорбционными и катионообменными свойствами и стимулируют развитие микроорганизмов почвы, улучшают ее структуру, активно поглощают техногенные элементы, адсорбируя их на своей поверхности.

Все это позволяет рассматривать глауконит как многофакторное удобрение, обогащающее почву макро- и микроэлементами, одновременно являясь хорошим сорбентом, источником структурирования почв [117].

В настоящее время в Воронежской области отсутствуют рекомендации по влиянию глауконитов на плодородие черноземов и урожайность основных сельскохозяйственных культур. С этой целью был заложен полевой производственный опыт на базе ЗАО «Земляное» Семилукского района весной 2003 года.

В качестве объекта исследования использовались местные латненские глаукониты, имеющие следующий химический состав: высокое содержание железа с преобладанием окисных форм над закисными (Fe_2O_3 до 15 %, FeO до 6,5 %), калия (K_2O - 3,2 - 5,0 %), магния (MgO - 2,0 - 3,0 %), кальция (CaO - 0,6 - 2,0 %), диоксида кремния (SiO_2 - до 81,2 %, в том числе аморфного кремния до 8,0 %), pH - 8,2 (приложение М).

Почва опыта - чернозем выщелоченный среднемогущный среднегумусный тяжелосуглинистый. Основные исходные агрохимические показатели почвы перед закладкой производственного опыта с глауконитами в ЗАО «Земляное» Семилукского района представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Агрохимические показатели чернозема выщелоченного перед закладкой производственного опыта с глауконитами (слой 0 - 20 см), 2003 год

Поле	Показатели						Гумус, %
	Содержание по Чирикову, мг/кг		pH _{KCl}	мг-экв/100г почвы			
	P ₂ O ₅	K ₂ O		Hг	Ca	Ca+Mg	
№ 1	46	77	4,95	5,00	19,0	21,3	6,08

Из данных таблицы 9 видно, что почва опытного участка имела низкую обеспеченность подвижным фосфором и среднюю - обменным калием (соответственно 2 и 3-й класс), среднекислую реакцию среды.

Основные результаты опыта по изучению эффективности местных глауконитов в качестве источника минеральных элементов представлены в таблице 10.

Результаты химических анализов показали увеличение содержания подвижного фосфора в вариантах с внесением глауконитов, что, очевидно, связано с действием кремния на групповой состав фосфатов почвы; обменного калия за счет улучшения обменных процессов, происходящих в почве. Так, если до закладки опыта на вариантах с глауконитом в дозах 2,5 и 5,0 т/га содержание подвижных форм фосфора составляло 57 и 48 мг/кг почвы, а обменного калия – соответственно 51 и 45 мг/кг, то в 2009 году отмечено увеличение их содержания в почве до 81 и 83 мг/кг подвижного фосфора и до 92 и 96 мг/кг обменного калия соответственно на вариантах опыта. Тогда как на контрольном варианте в 2009 году отмечено снижение их содержания по

Таблица 10 - Агрохимическая характеристика почв и динамика почвенного плодородия по годам исследований в опыте с глауконитом (2003, 2004, 2009 гг.)

Показатель	Ед-ца измер.	Вариант опыта											
		контроль без удобрений				глауконит - 2,5 т/га				глауконит – 5,0 т/га			
		до закл.	IX-2003г.	VIII-2004г.	VI-2009г.	до закл.	IX-2003г.	VIII-2004г.	VI-2009г.	до закл.	IX-2003г.	VIII-2004г.	VI-2009г.
Подвижный P ₂ O ₅	мг/кг	65	61	60	44	57	75	79	81	48	55	70	83
Обменный K ₂ O	мг/кг	71	50	56	52	51	46	88	92	45	53	89	96
pH _{KCL}	ед.	4,8	4,8	5,0	5,1	5,1	5,0	5,3	5,1	5,0	5,2	5,4	5,1
Гидролит. кисл., Нг	ммоль-экв/100г почвы	5,48	5,61	4,92	4,60	5,03	4,92	3,96	4,30	4,32	3,82	3,62	4,41
Кальций	-//-	21,0	21,5	21,0	20,5	21,6	22,5	22,8	24,0	23,6	24,7	25,5	25,3
Са+Mg	-//-	24,3	25,0	24,7	24,0	25,0	27,2	27,5	27,7	25,0	26,2	27,8	28,0
Гумус	%	6,41	6,20	5,80	5,70	6,20	6,01	5,72	5,60	6,09	6,04	5,72	6,00
Цинк	мг/кг	<u>0,55</u> 39,0	<u>0,79</u> 41,5	<u>0,50</u> 46,4	<u>0,50</u> 48,9	<u>0,50</u> 38,2	<u>0,91</u> 45,0	<u>0,43</u> 47,0	<u>0,20</u> 51,9	<u>0,55</u> 32,7	<u>0,73</u> 41,5	<u>0,40</u> 48,0	<u>0,27</u> 54,3
Свинец	-//-	<u>1,40</u> 12,5	<u>2,00</u> 15,5	<u>2,30</u> 15,6	<u>2,03</u> 15,0	<u>0,80</u> 13,3	<u>2,00</u> 14,9	<u>1,30</u> 11,5	<u>0,32</u> 13,6	<u>1,70</u> 11,4	<u>2,00</u> 16,2	<u>2,00</u> 10,6	<u>0,65</u> 14,6
Медь	-//-	<u>0,35</u> 16,0	<u>0,14</u> 15,4	<u>0,20</u> 15,8	<u>0,18</u> 15,4	<u>0,35</u> 15,9	<u>0,14</u> 15,4	<u>0,23</u> 16,8	<u>0,07</u> 15,9	<u>0,27</u> 13,7	<u>0,14</u> 15,6	<u>0,20</u> 15,9	<u>0,06</u> 17,3
Хром	-//-	<u>0,33</u> 35,0	<u>3,00</u> 20,0	<u>1,30</u> 33,7	<u>1,21</u> 33,7	<u>0,35</u> 37,0	<u>2,00</u> 20,0	<u>1,40</u> 28,3	<u>0,15</u> 23,9	<u>0,33</u> 33,5	<u>2,00</u> 22,0	<u>1,60</u> 28,3	<u>0,15</u> 24,2
Кобальт	-//-	<u>0,54</u> 14,2	<u>0,50</u> 17,0	<u>0,60</u> 17,0	<u>0,04</u> 17,9	<u>0,30</u> 17,4	<u>0,50</u> 17,2	<u>0,70</u> 16,4	<u>0,03</u> 10,0	<u>0,54</u> 17,32	<u>0,76</u> 15,9	<u>0,70</u> 17,5	<u>0,21</u> 10,9
Железо	-//-	<u>3,80</u> 12500	<u>4,00</u> 15400	<u>3,90</u> 18800	<u>3,30</u> 162700	<u>2,40</u> 17700	<u>4,50</u> 15500	<u>3,30</u> 18600	<u>2,50</u> 13500	<u>2,00</u> 16400	<u>3,50</u> 15400	<u>3,30</u> 19500	<u>2,60</u> 14400
Марганец	-//-	<u>7,20</u> 403	<u>5,50</u> 500	<u>14,0</u> 565	<u>11,8</u> 363	<u>5,00</u> 352	<u>5,80</u> 496	<u>14,5</u> 570	<u>13,7</u> 374	<u>4,40</u> 350	<u>4,40</u> 521	<u>12,6</u> 540	<u>11,40</u> 471
*Никель	-//-	0,86	1,00	2,00	1,64	0,62	1,20	1,8	0,89	0,62	1,20	1,80	0,57
**Кадмий	-//-	0,16	0,17	0,20	0,17	0,16	0,17	0,13	0,04	0,13	0,13	0,12	0,03

*Подвижная; **кислоторастворимая форма. Примечание: числитель – подвижная форма ТМ и микроэлементов, знаменатель – кислоторастворимая форма.

сравнению с началом опыта (44 против 65 и 52 против 71 мг/кг почвы доступных форм фосфора и калия соответственно).

В почве вариантов с глауконитами увеличилось содержание поглощенного кальция, обменного магния; на контроле отмечен процесс декальцинирования. Кислотность почвы в первые два года исследований снизилась (рН с 5,0 - 5,2 до 5,3 - 5,4), а в 2009 г. отмечено подкисление почв. Глаукониты, видимо, нужно рассматривать как комплексное удобрение пролонгированного действия, как источник минеральных элементов, а не как мелиорант.

На содержание органического вещества использование глауконитового песка влияло положительно, так как позволяло уменьшить темпы снижения его содержания по сравнению с контролем. Содержание гумуса по вариантам опыта изменялось следующим образом. Так, на контроле содержание гумуса с момента закладки опыта уменьшилось с 6,41 до 5,70 % (в 2009 г.), а при дозе глауконита 2,5 т/га – с 6,20 до 5,6 %, в варианте с дозой глауконита 5 т/га изменения были незначительными (с 6,09 до 6,0 %).

Глаукониты уменьшали концентрацию в почве подвижных форм цинка, свинца, меди, никеля, хрома и кобальта, но увеличили содержание кислоторастворимых форм цинка, свинца, меди. Не отмечено накопления ТМ в количествах, превышающих ПДК.

В целом глауконитовые пески положительно влияли на почвенно-поглощающий комплекс, плодородие почв.

Данные об урожайности сельскохозяйственных культур за время проведения опыта приведены в таблице 11.

Как свидетельствуют представленные данные, наибольшая прибавка по изучаемым культурам была получена на варианте с глауконитом в дозе 5 т/га. Так, на этом варианте опыта в 2003 году прибавка урожая проса по отношению к контролю составила 6,3 против 6,0 при дозе глауконита 2,5 т/га, в 2004 году урожая гороха – 9,5 против 8,0, в 2005-2006 годах урожая озимой пшеницы – 5,8, 9,1 против 4,7, 7,2, в 2007 году урожая ячменя 5,8 против 4,8 и в 2009 году урожая озимой пшеницы 6,6 против 4,2 ц/га, при урожае этих

Таблица 11 – Урожайность сельскохозяйственных культур, ц/га, по вариантам опыта и годам исследований

Вариант опыта	Просо		Горох		Озимая пшеница					Озимая пшеница					Ячмень		Озимая пшеница				
	2003 г.		2004 г.		2005 г.					2006 г.					2007 г.		2009 г.				
	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	ИДК	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	ИДК	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	ИДК
Контроль	16,8	-	20,0	-	26,0	-	12,4	25,8	86	28,1	-	12,1	26,0	90	21,4	-	32,3		12,5	25,3	82
Глауконит – 2,5 т/га	22,8	6,0	28,0	8,0	30,7	4,7	13,3	26,1	63	35,3	7,2	13,1	26,3	70	26,2	4,8	36,5	4,2	13,6	26,7	75
Глауконит – 5,0 т/га	23,1	6,3	29,5	9,5	31,8	5,8	13,8	26,5	67	37,2	9,1	14,1	26,9	73	27,2	5,8	38,9	6,6	14,3	27,0	75
НСР ₀₅ , ц/га	1,30	-	1,47	-	1,11	-	-	-	-	1,93	-	-	-	-	1,15	-	1,42	-	-	-	-
Sx, %	1,18	-	1,52	-	1,14	-	-	-	-	1,29	-	-	-	-	1,11	-	1,27	-	-	-	-

культур на контроле соответственно 16,8, 20,0, 26,0, 28,1, 21,4 и 32,3.

Визуально состояние посевов (яровых, озимых культур) на удобренных делянках было хорошее, на контроле посевы частично изрежены. Наибольшие значения длины колоса, метелки, числа зерен в колосе, высоты соломины отмечены при дозе глауконита 5 т/га.

Глауконит оказал положительное влияние на качественные показатели зерна озимой пшеницы. Так, по данным таблицы 11 видно, что наименьшее содержание белка и клейковины было получено на контрольном варианте опыта и составило в 2005 году соответственно 12,4 и 25,8 %, в 2006 году – 12,1 и 26,0 %, в 2009 году – 12,5 и 25,3 %. На варианте опыта с глауконитом в дозе 2,5 т/га их содержание по годам исследований изменялось в пределах 13,1 - 13,6 % белка и 26,1 - 26,7 % клейковины. Максимальное содержание белка и клейковины в зерне озимой пшеницы было получено на варианте с глауконитом в дозе 5 т/га и составило в 2005 году соответственно 13,8 и 26,5 %, в 2006 году – 14,1 и 26,9 % и в 2009 году – 14,3 и 27,0 %. Что касается качества клейковины (ИДК), то в обоих вариантах опыта с глауконитом в разные годы особых различий нет: I группа – 63 - 75 (хорошее качество), а на контроле – II группа – 82 - 90 (удовлетворительно слабая). Ячмень во всех вариантах опыта получен кормовой. Качественные показатели проса и гороха не определялись.

Таким образом, в Воронежской области на черноземных почвах глаукониты способствуют улучшению пищевого режима почв, повышению урожайности и качества продукции и служат источником минерального питания пролонгирующего действия.

Кроме глауконитов источником минеральных элементов, относящихся к нетрадиционным видам удобрений, может служить фосфоритная мука. Фосфор в области по-прежнему остается лимитирующим показателем. Он является одним из важнейших питательных элементов для растений, но в почве его содержание относительно меньше, чем азота и калия.

Резервом устранения дефицита фосфора в почвах служит фосфоритная

мука местных месторождений, получаемая путем размола желваковых фосфоритов. С целью изучения эффективности местных фосфоритов в качестве источника минеральных элементов на воронежских черноземах сотрудниками агрохимцентра «Воронежский» в 2003 г. также в ЗАО «Землянское» Семилукского района был заложен производственный опыт.

Почва опыта - чернозем выщелоченный среднемошный малогумусный тяжелосуглинистый. Основные исходные агрохимические показатели почвы перед закладкой производственного опыта с фосфоритами в ЗАО «Землянское» Семилукского района представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Агрохимические показатели чернозема выщелоченного перед закладкой производственного опыта с фосфоритами (слой 0 - 20 см), 2003 год

Поле	Показатели						Гумус, %
	Содержание по Чирикову, мг/кг		рН _{KCL}	мг-экв/100г почвы			
	P ₂ O ₅	K ₂ O		Hг	Ca	Ca+Mg	
№ 6	41	58	5,13	3,90	21,0	22,2	5,35

Из данных таблицы 12 видно, что почва опытного участка имела низкую обеспеченность подвижным фосфором и среднюю обменным калием (соответственно 2 и 3-й класс), слабокислую реакцию среды.

В задачи исследований входило изучение действия фосфоритной муки на плодородие почв и урожай сельскохозяйственных культур за период с 2003 по 2010 г. Кроме того, проведена сравнительная оценка местных латненских фосфоритов и фосфоритов с дефекатом Хохольского сахарного завода.

Объектами исследований были фосфориты Латненского месторождения Семилукского района. Содержание фосфора в них до 12 - 15 %, усвояемого фосфора - 7,5 - 10 %, водорастворимого – 0,10 - 0,13 %. Кроме фосфора

агроруды содержали до 2 % органического вещества; 0,008 % азота; 0,49 % калия; до 5 % кальция и магния, до 56,2 % SiO_2 ; микроэлементы: медь, цинк, марганец, железо, кобальт и др. в количествах, не превышающих параметры нормативно чистой почвы. Дефекат Хохольского сахарного завода содержал 47,0 % CaCO_3 ; 0,35 % азота; 0,46 % фосфора; 0,58 % калия; 25,0 % органического вещества; рН = 8,5 единицы. Содержание тяжелых металлов не превышало ПДК.

Данные о влиянии фосфоритной муки и фосфоритной муки с дефекатом на плодородие чернозема выщелоченного представлены в таблице 13.

На основе данных таблицы 13 были сделаны следующие выводы:

- под действием фосфоритов и дефеката идет насыщение ППК кальцием;
- улучшается фосфатный, калийный режимы почв;
- положительное действие фосфоритной муки в чистом виде и в смеси с дефекатом проявляется на второй – седьмой годы, а в сравнении с исходным содержанием на восьмой год отмечено увеличение подвижного фосфора на варианте с фосфоритами на 4 мг/кг, фосфориты + дефекат – на 22 мг/кг почвы;
- снижается кислотность почв в первые 2 - 5 лет;

Наиболее эффективное действие на почву, урожай сельскохозяйственных культур оказывает использование фосфоритов с дефекатом. Прибавка урожая зерновых от фосфоритов составила 3,5 - 6,0 ц/га, от фосфоритов с дефекатом – 6,0 - 8,0 ц/га. Пролонгированное действие фосфоритов в чистом виде - 5 - 7 лет; фосфоритов с дефекатом – более 7 лет.

По состоянию на 01.01. 2016 года в Воронежской области площадей с избыточной кислотностью насчитывается 705,7 тыс. га. Недобор урожая сельскохозяйственных культур из-за избыточной кислотности составляет 30-40 %. Кроме того, на кислых почвах на 20 - 40 % снижается эффективность минеральных удобрений, а при высоком содержании обменной кислотности (алюминия, марганца) применение азотных и калийных удобрений может

Таблица 13 - Агрохимическая характеристика почв и динамика почвенного плодородия по годам исследований в опыте с фосфоритами (2003, 2004, 2009-2010 гг.)

Показатель	Ед-ца измер.	Вариант опыта														
		контроль без удобрений					фосфориты – 100 кг/га д.в.					фосфориты – 100 кг/га д.в.+дефекат 15 т/га				
		до закл.	IX-2003г.	VIII-2004г.	VI-2009г.	VI-2010г.	до закл.	IX-2003г.	VIII-2004г.	VI-2009г.	VI-2010г.	до закл.	IX-2003г.	VIII-2004г.	VI-2009г.	VI-2010г.
Подвижный P ₂ O ₅	мг/кг	51	53	46	51	48	48	55	54	58	52	35	57	73	112	57
Обменный K ₂ O	мг/кг	63	64	48	50	58	58	79	76	101	99	53	85	64	113	116
pH _{KCl}	ед.	5,20	5,10	4,9	5,1	4,7	5,10	5,09	5,35	5,2	5,1	5,10	5,07	6,00	5,5	5,3
Гидролит. кисл., Нг	ммоль-экв/100г почвы	3,62	4,14	5,14	4,9	6,0	3,86	4,92	4,32	4,5	4,5	4,33	4,92	1,90	3,5	4,0
Кальций	-//-	19,0	22,0	22,0	21,0	18,7	19,5	22,5	22,8	23,0	29,0	19,0	21,5	22,3	25,0	28,3
Са+Mg	-//-	22,2	25,7	25,0	25,0	20,0	22,5	26,5	26,9	26,5	31,0	21,2	25,8	26,6	28,5	31,8
Гумус	%	5,24	4,71	4,50	5,3	5,77	5,35	5,24	5,35	5,6	6,04	5,45	5,77	5,61	5,80	6,30
Степень насыщ. почв основаниями	%	89,4	86,1	82,2	83,6	75,7	88,7	84,3	86,2	85,0	86,6	86,4	84,0	93,3	89,0	88,8
Цинк	мг/кг	<u>0,43</u> 48,9	<u>0,84</u> 44,1	<u>0,45</u> 48,7	<u>0,31</u> 51,2	<u>0,51</u> 40,5	<u>0,43</u> 50,3	<u>0,73</u> 42,5	<u>0,50</u> 50,2	<u>0,31</u> 54,5	<u>0,50</u> 40,0	<u>0,50</u> 49,4	<u>0,79</u> 42,0	<u>0,40</u> 49,0	<u>0,40</u> 52,6	<u>0,54</u> 40,8
Свинец	-//-	<u>1,00</u> 9,2	<u>2,00</u> 15,5	<u>1,9</u> 15,0	<u>0,30</u> 13,9	<u>0,91</u> 16,3	<u>1,00</u> 8,7	<u>2,0</u> 16,2	<u>1,3</u> 14,3	<u>0,5</u> 12,7	<u>0,88</u> 15,8	<u>1,3</u> 9,2	<u>2,0</u> 15,5	<u>2,3</u> 15,0	<u>0,40</u> 13,4	<u>0,83</u> 16,5
Медь	-//-	<u>0,16</u> 16,7	<u>0,14</u> 15,4	<u>0,2</u> 15,9	<u>0,1</u> 15,2	<u>0,24</u> 19,7	<u>0,2</u> 17,1	<u>0,14</u> 16,4	<u>0,17</u> 17,6	<u>0,10</u> 16,5	<u>0,16</u> 19,1	<u>0,26</u> 17,2	<u>0,2</u> 16,0	<u>0,17</u> 17,2	<u>0,10</u> 16,7	<u>0,18</u> 18,7
Кобальт	-//-	<u>0,3</u> 18,3	<u>1,00</u> 19,0	<u>0,59</u> 17,5	<u>0,10</u> 9,2	<u>0,10</u> 11,9	<u>0,3</u> 16,6	<u>0,76</u> 17,2	<u>0,59</u> 19,0	<u>0,12</u> 9,5	<u>0,12</u> 11,5	<u>0,4</u> 14,3	<u>0,7</u> 18,5	<u>0,60</u> 17,7	<u>0,12</u> 10,6	<u>0,13</u> 12,2
Железо	-//-	<u>2,3</u> 19400	<u>4,5</u> 15600	<u>3,3</u> 20500	<u>2,6</u> 12250	<u>4,2</u> 27100	<u>2,3</u> 19350	<u>4,5</u> 15500	<u>3,3</u> 21000	<u>2,4</u> 13750	<u>1,2</u> 27900	<u>2,7</u> 19000	<u>5,0</u> 15500	<u>3,6</u> 21500	<u>2,6</u> 14000	<u>2,7</u> 29200
Марганец	-//-	<u>8,0</u> 568	<u>6,5</u> 457	<u>15,5</u> 525	<u>15,6</u> 395	<u>8,7</u> 515	<u>8,5</u> 580	<u>6,2</u> 466	<u>8,5</u> 540	<u>13,3</u> 377	<u>10,8</u> 465	<u>9,4</u> 570	<u>6,8</u> 440	<u>10,5</u> 580	<u>16,8</u> 378	<u>13,1</u> 508
*Никель	-//-	0,86	1,2	2,0	0,57	0,75	0,86	1,0	2,0	0,86	0,50	1,0	1,2	2,0	0,77	0,61
**Кадмий	-//-	0,14	0,17	0,24	0,20	0,41	0,17	0,17	0,20	0,30	0,41	0,17	0,13	0,20	0,40	0,41

*Подвижная; **кислоторастворимая форма. Примечание: числитель – подвижная форма ТМ и микроэлементов, знаменатель – кислоторастворимая форма.

значительно снизить урожай. Одним из эффективных приемов снижения кислотности почв, повышения плодородия, повышения эффективности удобрений является химическая мелиорация кислых почв.

К следующим нетрадиционным видам удобрений, которые нашли широкое применение в области, относятся химические мелиоранты – дефека́т сахарных заводов и сыромолотый мел, которые уже в первый год действия обеспечивают переход почвы из группы со слабокислой реакцией в группу с реакцией, близкой к нейтральной. Максимальный эффект от мелиорации наблюдается на 3 – 5-й год их действия с преимуществом мела.

Химическую мелиорацию кислых почв в области агрохимслужба начала в 1981 году. В качестве химических мелиорантов в области применяли известьсодержащие материалы: дефека́т сахарных заводов и мел строительных комбинатов. Наиболее распространенным мелиорантом является дефека́т сахарных заводов, который содержит 13 - 32 % органического вещества и 50 - 90 % углекислого кальция. Все работы проводились в соответствии с разработанной проектно-сметной документацией. При авторском сопровождении проектов отмечались как положительные, так и отрицательные факты выполнения работ по химической мелиорации почв. Строгое соблюдение рекомендаций, качественное внесение мелиоранта были отмечены в хозяйствах ЗАО «Путь Ленина», ЗАО им. Ленина Аннинского района, ООО МТС «Агро-сервис» Верхнехавского, ООО «Воронежская Земля», ООО «Масловский» Новоусманского, КФХ Князев Хохольского, ООО «Агролидер» Эртильского районов.

Результаты исследований почвы на промелиорированных полях показали, что уже в первый год произошло снижение гидролитической кислотности на 0,2 – 0,5 мг-экв на 100 г почвы, в последующие годы – от 0,5 до 1,2 мг-экв на 100 г почвы, т.е. почвы из группы кислых перешли в близко нейтральные и нейтральные. Прибавка урожая составила по озимой пшенице 3 - 8 ц/га, ячменю – 3 - 5 ц/га, сахарной свеклы – 50 - 90 ц/га [58].

Изучение эффективности мела природного сыромолотого в качестве

мелиоранта кислых почв проводилось сотрудниками центра на базе колхоза им. К.Маркса Семилукского района Воронежской области. Производственный опыт был заложен в 2003 году на черноземе выщелоченном.

Почва производственных опытов с мелом - чернозем выщелоченный среднесплодный малогумусный тяжелосуглинистый. Основные исходные агрохимические показатели почвы перед закладкой производственных опытов с мелом представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Агрохимические показатели чернозема выщелоченного перед закладкой производственных опытов с сыромолотым мелом (слой 0 - 25 см), 2003 год

Поле	Показатели						
	Содержание по Чирикову, мг/кг		pH _{KCL}	мг-экв/100г почвы			Гумус, %
	P ₂ O ₅	K ₂ O		Нг	Ca	Ca+Mg	
№ 9	81	104	5,0	4,19	17,2	20,5	5,96
№ 7	90	75	5,4	3,92	21,1	24,6	5,36

Как свидетельствуют данные таблицы 14, почва первого опытного участка (поле № 9) имела среднюю обеспеченность подвижным фосфором и повышенную обменным калием (соответственно 3 и 4-й класс), среднекислую реакцию среды.

Почва второго опытного участка (поле № 7) имела среднюю обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием (3-й класс), слабокислую реакцию среды.

Мел природный сыромолотый Копанищенского мелового карьера содержал до 98 % CaCO₃+MgCO₃.

Результаты исследований по динамике почвенного плодородия в опытах с мелом представлены в таблицах 15, 16.

В ходе пятилетних испытаний применение мела природного сыромоло-

Таблица 15 - Агрохимическая характеристика почв и динамика почвенного плодородия по годам исследований в опыте с сыромолотым мелом (2003-2005 гг., 2007 г.)

Показатель	Ед-ца измер.	Вариант опыта														
		Опыт № 1 озимая пшеница-сахарная свекла-озимая пшеница														
		контроль без удобрений					мел 6,0 т/га					мел 8,0 т/га				
		до закл.	X 2003г.	IX 2004г.	VIII 2005г.	VII 2007г.	до закл.	X 2003г.	IX 2004г.	VIII 2005г.	VII 2007г.	до закл.	X 2003г.	IX 2004г.	VIII 2005г.	VII 2007г.
pH _{KCl}	ед.	5,1	5,05	4,89	4,98	5,2	5,2	5,4	5,6	5,9	5,8	5,1	5,4	5,7	5,8	5,8
Подвижный P ₂ O ₅	мг/кг	73	76	70	73	83	81	89	83	87	121	85	89	88	82	128
Обменный K ₂ O	мг/кг	133	113	100	85	100	152	159	135	105	108	167	159	131	105	194
Гидролит. кисл., Нг	мг-экв/100г почвы	4,14	4,71	6,53	5,85	5,03	4,42	4,71	3,56	3,52	3,37	4,06	4,71	3,56	3,56	3,06
Кальций	-//-	19,0	19,5	19,0	18,0	20,5	20,8	24,0	24,9	24,8	24,0	21,4	19,7	21,5	21,7	22,0
Са+Mg	-//-	22,0	23,5	22,5	22,0	22,6	24,2	27,0	28,3	28,5	27,3	24,6	20,3	28,8	28,8	26,1
Гумус	%	5,8	5,72	6,00	6,3	5,8	5,90	6,20	6,30	6,40	5,9	5,9	5,74	5,88	6,03	5,9
Цинк	мг/кг	<u>0,63</u>	<u>0,84</u>	<u>0,75</u>	<u>0,9</u>	<u>0,66</u>	<u>1,00</u>	<u>0,72</u>	<u>0,45</u>	<u>0,40</u>	<u>0,85</u>	<u>0,87</u>	<u>1,14</u>	<u>0,75</u>	<u>1,30</u>	<u>0,58</u>
		43,5	45,6	47,2	48,5	45,6	46,2	49,7	44,3	47,0	42,2	46,8	49,4	48,5	50,1	47,0
Свинец	-//-	<u>1,5</u>	<u>2,4</u>	<u>2,3</u>	<u>2,0</u>	<u>2,5</u>	<u>2,0</u>	<u>2,4</u>	<u>1,3</u>	<u>2,0</u>	<u>2,0</u>	<u>2,3</u>	<u>2,4</u>	<u>2,3</u>	<u>2,0</u>	<u>2,5</u>
		15,5	15,2	10,8	5,2	12,3	15,5	16,1	12,9	5,2	8,9	15,8	16,1	12,0	6,0	12,3
Медь	-//-	<u>0,35</u>	<u>0,20</u>	<u>0,17</u>	<u>0,1</u>	<u>0,25</u>	<u>0,28</u>	<u>0,20</u>	<u>0,20</u>	<u>0,10</u>	<u>0,25</u>	<u>0,28</u>	<u>0,20</u>	<u>0,17</u>	<u>0,15</u>	<u>0,12</u>
		16,1	15,3	15,5	16,5	13,0	16,0	16,5	15,0	16,9	12,1	16,0	15,8	15,7	17,5	13,4
Кобальт	-//-	<u>0,25</u>	<u>0,38</u>	<u>0,5</u>	<u>1,28</u>	<u>0,27</u>	<u>0,15</u>	<u>0,5</u>	<u>0,59</u>	<u>1,28</u>	<u>0,18</u>	<u>0,20</u>	<u>0,50</u>	<u>0,50</u>	<u>0,98</u>	<u>0,18</u>
		15,3	12,6	15,8	12,8	13,4	16,0	13,4	15,8	14,0	12,8	16,2	13,0	16,4	14,7	13,4
Железо	-//-	<u>6,0</u>	<u>6,0</u>	<u>3,6</u>	<u>16,0</u>	<u>6,5</u>	<u>5,0</u>	<u>5,5</u>	<u>5,6</u>	<u>20,0</u>	<u>9,5</u>	<u>5,2</u>	<u>6,0</u>	<u>4,0</u>	<u>19,0</u>	<u>8,0</u>
		14700	15500	18500	17000	13400	15100	16000	17700	2000	11000	15075	16000	19500	2300	13300
Марганец	-//-	<u>23,6</u>	<u>20,6</u>	<u>8,5</u>	<u>41,2</u>	<u>66,7</u>	<u>18,4</u>	<u>8,2</u>	<u>12,1</u>	<u>51,0</u>	<u>44,2</u>	<u>22,8</u>	<u>20,8</u>	<u>8,6</u>	<u>41,2</u>	<u>69,2</u>
		465	470	570	591	400	515	474	580	638	430	505	474	590	639	480
Никель	-//-	<u>0,86</u>	<u>2,00</u>	<u>1,34</u>	<u>1,88</u>	<u>3,0</u>	<u>0,86</u>	<u>2,0</u>	<u>1,7</u>	<u>2,0</u>	<u>3,0</u>	<u>0,81</u>	<u>2,50</u>	<u>1,34</u>	<u>2,0</u>	<u>3,2</u>
		30,0	29,5	29,0	33,2	26,0	30,6	31,7	28,6	33,3	23,0	30,8	30,0	30,0	33,3	25,6
Кадмий	-//-	<u>0,24</u>	<u>0,24</u>	<u>0,24</u>	<u>0,16</u>	<u>0,2</u>	<u>0,24</u>	<u>0,20</u>	<u>0,24</u>	<u>0,28</u>	<u>0,15</u>	<u>0,24</u>	<u>0,24</u>	<u>0,20</u>	<u>0,15</u>	<u>0,14</u>
		0,91	1,56	1,45	0,55	0,4	0,91	1,56	1,38	0,65	0,32	0,91	1,6	1,38	0,92	0,36
Хром	-//-	<u>0,22</u>	<u>0,41</u>	<u>1,6</u>	<u>1,0</u>	<u>0,85</u>	<u>0,22</u>	<u>0,32</u>	<u>1,9</u>	<u>0,8</u>	<u>0,57</u>	<u>0,22</u>	<u>0,41</u>	<u>1,9</u>	<u>1,6</u>	<u>0,7</u>
		20,0	19,0	25,0	20,0	33,0	20,5	19,0	27,0	21,0	25,0	20,5	19,0	33,0	20,5	31,0

Примечание: числитель – подвижная форма ТМ и микроэлементов, знаменатель – кислоторастворимая форма.

Таблица 16 - Агрохимическая характеристика почв и динамика почвенного плодородия по годам исследований в опыте с сыромолотым мелом (2003-2005 гг., 2007 г.)

Показатель	Ед-ца измер.	Вариант опыта														
		Опыт №2 сахарная свекла-ячмень-подсолнечник														
		контроль без удобрений					мел 5,0 т/га					мел 10,0 т/га				
		до закл.	X 2003г.	IX 2004г.	VIII 2005г.	VII 2007г.	до закл.	X 2003г.	IX 2004г.	VIII 2005г.	VII 2007г.	до закл.	X 2003г.	IX 2004г.	VIII 2005г.	VII 2007г.
pH _{KCl}	ед.	5,1	5,04	5,0	4,98	5,21	5,4	5,5	5,7	5,8	5,67	5,4	5,7	6,0	6,7	5,82
Подвижный P ₂ O ₅	мг/кг	92	109	108	96	88	89	91	91	88	101	90	95	93	93	98
Обменный K ₂ O	мг/кг	52	66	67	57	74	105	99	96	70	90	69	68	61	48	70
Гидролит. кисл., Нг	мг-экв/100г почвы	3,96	4,92	4,92	6,69	4,13	4,61	4,23	3,05	3,0	3,21	4,34	3,80	2,92	1,18	3,02
Кальций	-//-	20,2	21,5	20,3	19,0	22,0	20,2	20,7	22,0	22,7	22,7	22,7	22,0	24,0	24,7	26,0
Са+Mg	-//-	23,7	24,0	23,2	22,0	24,1	24,0	24,0	25,5	25,7	27,0	26,3	25,5	28,7	28,9	29,5
Гумус	%	5,6	5,56	6,15	6,16	5,30	5,00	5,08	5,60	5,87	5,60	5,50	5,58	6,36	6,12	5,70
Цинк	мг/кг	<u>0,63</u>	<u>0,64</u>	<u>0,58</u>	<u>1,20</u>	<u>0,66</u>	<u>0,75</u>	<u>0,56</u>	<u>0,58</u>	<u>1,60</u>	<u>0,75</u>	<u>0,75</u>	<u>0,56</u>	<u>0,58</u>	<u>0,60</u>	<u>0,85</u>
		43,5	46,0	46,4	50,0	42,7	39,5	46,0	45,5	43,1	47,0	42,3	48,3	45,0	39,6	36,0
Свинец	-//-	<u>2,7</u>	<u>2,0</u>	<u>1,3</u>	<u>2,0</u>	<u>2,5</u>	<u>2,0</u>	<u>1,5</u>	<u>2,3</u>	<u>2,5</u>	<u>2,0</u>	<u>2,0</u>	<u>2,0</u>	<u>3,0</u>	<u>1,7</u>	<u>1,5</u>
		15,5	16,6	14,3	4,6	10,0	15,5	16,6	10,8	4,0	8,9	16,2	16,6	11,5	4,3	10,1
Медь	-//-	<u>0,28</u>	<u>0,16</u>	<u>0,17</u>	<u>0,10</u>	<u>0,25</u>	<u>0,20</u>	<u>0,20</u>	<u>0,25</u>	<u>0,10</u>	<u>0,12</u>	<u>0,20</u>	<u>0,25</u>	<u>0,15</u>	<u>0,10</u>	<u>0,12</u>
		15,3	15,2	15,8	16,0	12,6	15,0	15,3	15,8	15,1	13,9	15,3	15,6	15,6	15,5	11,7
Кобальт	-//-	<u>0,25</u>	<u>0,38</u>	<u>0,58</u>	<u>1,28</u>	<u>0,25</u>	<u>0,25</u>	<u>0,38</u>	<u>0,50</u>	<u>0,98</u>	<u>0,25</u>	<u>0,25</u>	<u>0,38</u>	<u>0,59</u>	<u>1,28</u>	<u>0,20</u>
		16,3	13,1	16,4	14,7	14,3	17,0	13,4	16,4	12,8	13,9	17,4	13,4	16,4	14,0	11,3
Железо	-//-	<u>5,0</u>	<u>5,0</u>	<u>3,3</u>	<u>17,0</u>	<u>7,0</u>	<u>5,5</u>	<u>4,5</u>	<u>3,3</u>	<u>17,0</u>	<u>6,0</u>	<u>5,5</u>	<u>4,5</u>	<u>4,0</u>	<u>20,0</u>	<u>9,0</u>
		14900	15700	20000	2000	13300	14500	16400	18800	1620	15800	15500	16800	19100	2000	11600
Марганец	-//-	<u>16,2</u>	<u>8,4</u>	<u>11,2</u>	<u>5,12</u>	<u>67,0</u>	<u>17,6</u>	<u>8,8</u>	<u>11,8</u>	<u>31,2</u>	<u>93,0</u>	<u>18,6</u>	<u>8,6</u>	<u>12,0</u>	<u>35,0</u>	<u>53,0</u>
		467	474	510	474	372	490	474	510	520	430	460	476	480	483	400
Никель	-//-	<u>0,76</u>	<u>1,64</u>	<u>1,34</u>	<u>2,3</u>	<u>3,0</u>	<u>0,86</u>	<u>1,74</u>	<u>1,8</u>	<u>1,88</u>	<u>3,4</u>	<u>0,76</u>	<u>1,24</u>	<u>1,80</u>	<u>2,0</u>	<u>2,8</u>
		30,2	30,1	31,4	35,0	24,0	30,2	30,7	30,0	30,3	27,0	30,6	31,4	30,0	32,4	21,0
Кадмий	-//-	<u>0,32</u>	<u>0,20</u>	<u>0,24</u>	<u>0,28</u>	<u>0,15</u>	<u>0,28</u>	<u>0,20</u>	<u>2,20</u>	<u>0,22</u>	<u>0,14</u>	<u>0,28</u>	<u>0,24</u>	<u>0,15</u>	<u>0,08</u>	<u>0,14</u>
		0,91	1,56	1,30	0,81	0,40	0,70	1,74	13,8	0,71	0,36	1,00	1,60	1,45	1,30	0,32
Хром	-//-	<u>0,22</u>	<u>0,41</u>	<u>2,2</u>	<u>1,0</u>	<u>0,55</u>	<u>0,22</u>	<u>0,41</u>	<u>0,15</u>	<u>1,00</u>	<u>0,50</u>	<u>0,22</u>	<u>0,41</u>	<u>1,9</u>	<u>0,80</u>	<u>0,57</u>
		20,5	20,0	27,0	10,0	31,0	19,0	18,5	27,0	9,0	33,0	20,5	20,0	25,0	12,0	30,0

Примечание: числитель – подвижная форма ТМ и микроэлементов, знаменатель – кислоторастворимая форма.

того в качестве мелиоранта кислых почв способствовало:

- снижению кислотности почв на 0,4 - 1,3 единицы рН. Максимальный процесс раскисления отмечен на третий год, на пятый год отмечается стабилизация почвенной кислотности на уровне рН > 5,5;

- повышению содержания кальция в почвенно-поглощающем комплексе и снижению водорода;

- нормализации пищевого режима почв: фосфатного и калийного;

- незначительной минерализации органического вещества;

- повышению степени насыщенности почв основаниями;

- абсорбции тяжелых металлов и образованию труднорастворимых комплексов;

- получению экологически безопасной продукции;

- получению оптимальной нормы внесения мела – 5 – 10 т/га физ. веса.

Таким образом, наряду с традиционными видами удобрений, которые способствуют повышению плодородия почв, урожайности и качества сельскохозяйственных культур, а также улучшению физико-химических свойств почв, дополнительным или резервным источником минеральных элементов могут быть местные нетрадиционные виды удобрений - глауконитовые пески, фосфориты и мелиоранты – дефека́т или сыромо́лотый мел.

Глава VII ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ В СИСТЕМЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Широкое применение ресурсосберегающих технологий в развитых странах мира является сейчас стратегическим направлением аграрной политики. Это связано с тем, что такие технологии обеспечивают более эффективное использование земли, природных, материальных и экономических ресурсов и, как следствие, решение экологических проблем.

Для России это особенно важно, поскольку сельское хозяйство и весь агропромышленный комплекс требуется развивать ускоренными темпами, применяя инновационные технологии, чтобы быть конкурентоспособными на мировом рынке, когда Россия вступила в ВТО [220].

Одним из базовых элементов ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве является «точное земледелие» (или, как его иногда называют, «прецизионное земледелие» - precision agriculture). Точное земледелие – это управление продуктивностью посевов с учетом внутривидовой вариативности среды обитания растений. Иначе говоря, это оптимальное управление для каждого квадратного метра поля. Целью такого управления является получение максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов. При этом открываются реальные возможности производства качественной продукции и сохранения окружающей среды [285, 317].

Научно-техническими основами точного земледелия являются последние достижения в области информационных технологий. При этом важнейшим методологическим компонентом точного земледелия является определение точного местоположения объекта с помощью **глобальной системы позиционирования** (Global Positioning System, или GPS) и ввода данных в бортовой компьютер. GPS позволяет неограниченному числу объектов, имеющих приемную аппаратуру, в режиме реального времени и с высокой

точностью определять в любой точке планеты свое местоположение, скорость движения и ряд других параметров. С помощью глобальной системы позиционирования можно определять точное местоположение объекта на поле, определять параметры, характеризующие неоднородность почвенных условий и растительного покрова, и на основе полученных данных проводить дифференцированные по площади агротехнические мероприятия [285].

В последние годы использование минеральных удобрений в России стабилизировалось на уровне 1,3 - 1,5 млн т, что меньше, чем в 1990 г., почти в 7 раз (азота – в 5 раз, фосфора и калия – более чем в 10 раз). И ожидать резкого увеличения их потребления не приходится (по прогнозам ФАО, среднегодовой темп его роста в России в период до 2030 г. составит 0,8 %) [76].

В этой связи получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур возможно только при грамотном ведении производства с использованием всех приемов эффективного научно обоснованного и рационального применения минеральных удобрений, обеспечивающих оптимальное развитие растений [299].

В настоящее время одним из перспективных способов повышения эффективности удобрений является их дифференцированное внесение с учетом внутрипольной вариабельности почвенного плодородия.

Проблематике точного (координатного) земледелия, и в частности основного его элемента – дифференцированного внесения удобрений, в последние годы уделяется большое внимание, особенно за рубежом [159].

«Весомый вклад по проблеме технологий точного земледелия внесли зарубежные ученые С. Блэкмор, М. Ванг, Х. Грипентрог, С. Ватсон, Д. Мулла, Н. Нобору, С. Педерсен, А. Скотт, Д. Шпаар, И. Шуллер и др.» (цит. по: Пильникова Н.В., 2012) [220].

В нашей стране проблема дифференцированного внесения удобрений в системе точного земледелия отражена в работах отечественных исследователей [27, 28, 35, 43, 287, 297, 318].

Перспективы точного (координатного) земледелия, в том числе дифференцированного применения удобрений, вполне очевидны: в связи со значительной вариабельностью почвенного плодородия почвоадаптивное внесение удобрений способно полнее учитывать потребности растений в минеральном питании, что предопределяет их продуктивность; позволяет существенно сократить потери питательных веществ из почвы за счет снижения доз удобрений на относительно плодородных внутрипольных участках, где они не могут в полной мере использоваться растениями; увеличить дозы внесения удобрений на менее плодородных частях полей. Это создаст условия для более равномерного развития и созревания растений, уменьшит потери питательных веществ, приведет к повышению качества и снижению себестоимости продукции. При этом именно адаптация к внутрипольной пестроте плодородия почвы в принципе отличает технологии точного земледелия от традиционных. И в первую очередь это относится к дифференцированному применению удобрений, т.к. оно служит основой системы точного, а в более широком контексте – адаптивно-ландшафтного земледелия [159].

На сегодняшний день одной из главных причин, сдерживающих широкое применение ресурсосберегающих технологий точного земледелия в России, и в частности на территории Воронежской области, является то, что нет достаточно глубоких исследований и рекомендаций по их применению [220].

Первые шаги на пути внедрения высоких технологий в отечественном адаптивно-ландшафтном земледелии на территории Воронежской области были сделаны хозяйством Лискинского района ООО «ЭкоНиваАгро», работающим с марта 2002 года. Начиная с самого простого элемента точного земледелия - параллельного вождения, к 2010 году хозяйство стало осваивать одно из главных направлений в точном земледелии – дифференцированное внесение удобрений.

Необходимым условием для разработки и освоения технологий дифференцированного применения удобрений и других агрохимических средств является картографирование внутрипольной пестроты почвенного плодородия.

дия, что может быть достигнуто путем агрохимического обследования полей по элементарным участкам, позволяющего с допустимой точностью отразить эту пестроту [159].

С 2009 года в рамках выполнения задания Министерства сельского хозяйства, а также внедрения геоинформационных технологий в практику агрохимических обследований агрохимический центр «Воронежский» стал проводить обследование почв сельхозугодий современными методами, предусматривающими использование GPS-оборудования с точным фиксированием места отбора проб, автоматического пробоотборника, а также специального программного обеспечения для создания картограмм содержания питательных элементов.

Отбор проб почв в полевых условиях стал осуществляться с установлением географических координат или определением маршрутов прохода с помощью GPS-навигаторов. Это позволяет с высокой точностью проводить агрохимическое обследование в установленных местах с возможной периодичностью возврата специалистов учреждения на то же самое место, где проводился отбор проб, для выяснения изменения агрохимического состава почвенного покрова (рисунок 36).

Кроме этого, отбор почвенных проб частично стал осуществляться с использованием автоматического пробоотборника марки Nietfeld «H2005».

В этой связи у сельхозпроизводителей появилась высококачественная информация о пространственном варьировании различных почвенных показателей, которые могут лимитировать урожайность на конкретных участках поля. Все это дает предпосылки к проведению работ по точному земледелию, в частности применению дифференцированного внесения удобрений.

Впервые центром агрохимслужбы «Воронежский» внедрение работ по точному земледелию в плане получения качественной информации о пространственном варьировании различных показателей плодородия почв, ис-



Рисунок 36 – Точки отбора проб с использованием GPS-навигатора

пользуемых при расчете дифференцированных доз внесения удобрений, проводилось в условиях хозяйств ООО «ЭкоНиваАгро» Лискинского, Каменского и Бобровского районов, где в период с 2010 по 2015 год было проведено комплексное агрохимическое обследование сельхозугодий с использованием GPS-оборудования на площади более 112 000 га. Кроме того, в 2013 году сотрудниками центра было проведено детальное агрохимическое обследование в хозяйстве ООО «Воронежмясопром» Нижнедевицкого района на площади более 24 000 га. По заказу этого же хозяйства в 2014 году на площади более 25 000 га был осуществлен отбор почвенных образцов в Липецкой области. Полученный материал использовался хозяйствами для дифференцированного внесения удобрений.

Необходимо отметить, что методика отбора образцов при точном земледелии предусматривает взятие средней пробы на поле, разбитом на элементарные участки площадью от 1 до 10 га. Следовательно, чем меньше

площадь элементарного участка, с которой будет отобран смешанный образец, тем выше достоверность данных, но при этом увеличивается и стоимость проведения агрохимических работ.

Предварительно перед выездом в поле специалистами центра проводилась оцифровка сельхозугодий, полигоны разбивались на элементарные участки площадью 10 га, все это делалось с учетом географических координат и использованием космических снимков. После обработки данных в программах ArcGIS, GPSMapEdit и др. были созданы карты отбора проб и с помощью программы MapSource загружались в навигаторы. Все это дает возможность специалистам агрохимслужбы проводить отбор почвенных проб при последующем агрохимическом обследовании в тех же самых точках и контролировать динамику изменения почвенных показателей внутри поля.

Руководствуясь инструкциями по методике отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного применения удобрений, а также по согласованию с руководством хозяйств ООО «ЭкоНиваАгро» и ООО «Воронежмясопром» отбор образцов осуществлялся с 10 га.

В 2015 году по заказу хозяйства ООО «Черкизово - Растениеводство» в Семилукском районе был осуществлен пилотный проект, который предусматривал взятие точечных проб почвы с 1 га на площади 1500 га. По традиционной методике агрохимического обследования пашни смешанный образец отбирается с 15 - 25 га, что снижает точность обследования в 1,5 - 2,5, а при отборе с 1 га - в 15 и более раз по сравнению с отбором при точном земледелии [75, 159].

Существующая сегодня концепция сельскохозяйственного производства базируется на принципах «уравнительной» системы землепользования, согласно которым все решения о воздействии на систему «почва - растение» основаны на усредненных параметрах плодородия обрабатываемого поля. Следствие этого – рост затрат невозполнимой энергии на каждую дополнительную единицу продукции; увеличивающиеся масштабы загрязнения и

разрушения окружающей среды; высокая вариабельность урожайности и качества получаемой продукции [76].

Для всех типов почв, в том числе и черноземных, характерна пространственная неоднородность показателей плодородия и фитосанитарного состояния посевов, которая обусловлена как природными факторами, так и характером антропогенного воздействия [27, 290].

В этой связи необходим детальный учет распределения элементов питания при расчете дифференцированных доз внесения удобрений на участках разных уровней содержания элементов питания в почве, что хорошо видно на примере картограммы содержания подвижного фосфора в почвах землепользования ООО «ЭкоНиваАгро» отд. «Н. Марьино» Лискинского района Воронежской области, где отдельные агроконтуры резко различаются по его содержанию и усредненные дозы удобрений не будут отражать реальную потребность в этом элементе (рисунок 37).

В целях наиболее рационального применения удобрений расчет дозы удобрений на планируемый урожай должен проводиться исходя из конкретной обеспеченности элементами питания каждого элементарного участка. Все это осуществляется в автоматическом режиме, используя встроенный в программу редактор формул. Карта-задание на внесение удобрений создается для каждого элементарного участка поля и далее загружается в GPS-навигатор трактора с последующим их внесением на заданный агроконтур, сторона которого равна ширине захвата разбрасывателя удобрений (в данном случае использовались разбрасыватели фирм BOGBALLE и GUSTROWER) (рисунок 38).

Как видно, бортовой компьютер, используя данные GPS-приемника и карты-задания, автоматически регулирует дозу внесения удобрений по ходу движения техники, тем самым каждый элементарный участок поля получает ту дозу удобрений, которая ему необходима. На этом и основана целесообразность дифференцированного внесения удобрений - как важного приема выравнивания плодородия почв [75].

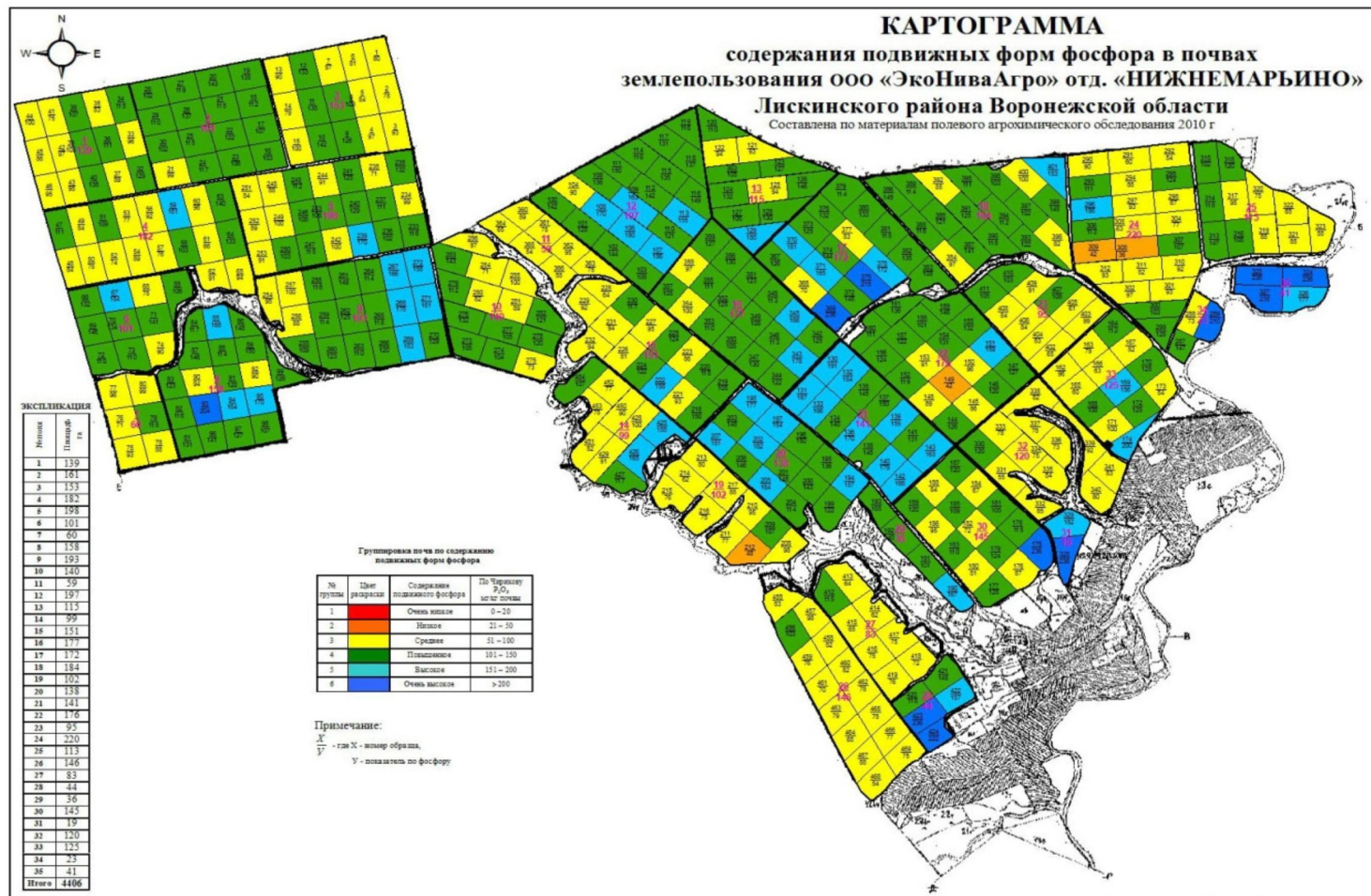


Рисунок 37 – Картограмма содержания подвижных форм фосфора в почвах землепользования ООО«ЭкоНиваАгро» отд. «Н. Марьино» Лискинского района Воронежской области



Рисунок 38 – Дифференцированное внесение удобрений

Другим ярким примером служит полученный анализ почвенных образцов, отобранных при агрохимическом обследовании почвы одного из полей ООО «ЭкоНиваАгро» отделения «Хворостань» (таблица 17), который показал, что содержание подвижных форм фосфора и обменного калия сильно варьировало по элементарным участкам в пределах поля и составило соответственно от 39 до 118 и от 37 до 109 мг/кг, содержание гумуса и рН почвы - от 3,7 до 5,9 % и от 4,8 до 5,4. Следовательно, плодородие почвы меняется в широких пределах даже в рамках одного, отдельно взятого поля.

В этой связи применение минеральных удобрений без учета пестроты показателей плодородия почвы внутри поля снижает их эффективность и приводит к дальнейшему увеличению variability почвенного плодородия. В одних случаях это ведет к недобору урожая, а в других – к ухудшению качества продукции и загрязнению окружающей среды, а в целом – к уменьшению окупаемости удобрений. Поэтому дифференцированное внесение удобрений в соответствии с внутривольной пестротой агрохимических по-

Таблица 17 - Корреляционная зависимость урожая зерна кукурузы от агрохимических показателей почвенного плодородия на поле № 23219 отд. «Хворостань» хозяйства ООО «ЭкоНиваАгро» Лискинского района Воронежской области, 2015 г.

Содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг	Урожайность по фосфору, т/га	Содержание обменного калия в почве, мг/кг	Урожайность по калию, т/га	pH _{ксл.}	Урожайность по pH, т/га	Содержание гумуса в почве, %	Урожайность по гумусу, т/га
39,0	6,8	37,0	6,8	4,8	10,3	3,7	5,3
41,0	5,3	45,0	9,3	4,9	8,3	3,8	6,8
42,0	8,0	46,0	8,3	4,9	10,2	4,2	5,2
46,0	9,3	52,0	8,9	4,9	8,9	4,4	8,9
51,0	8,5	53,0	10,2	5,0	6,8	4,4	9,3
52,0	5,2	54,0	5,3	5,0	5,3	4,6	4,2
53,0	9,6	55,0	9,6	5,0	5,2	4,6	9,6
53,0	6,8	56,0	8,5	5,0	8,5	4,6	8,0
56,0	8,2	59,0	8,2	5,0	11,4	4,7	8,5
56,0	6,5	59,0	10,3	5,0	10,1	4,8	6,8
57,0	8,4	68,0	8,0	5,0	9,3	4,9	9,6
59,0	8,9	69,0	6,8	5,0	6,8	5,0	6,5
66,0	4,2	72,0	10,1	5,0	8,0	5,1	8,2
75,0	8,3	75,0	5,2	5,1	9,6	5,3	8,4
79,0	10,2	77,0	7,3	5,1	8,2	5,3	8,3
83,0	10,3	77,0	11,4	5,1	4,2	5,5	7,3
90,0	11,4	78,0	6,5	5,1	6,5	5,5	11,4
93,0	7,3	94,0	4,2	5,1	7,3	5,7	10,1
96,0	10,1	94,0	8,4	5,2	8,4	5,8	10,2
118,0	9,6	109,0	9,6	5,4	9,6	5,9	10,3
Коэффициент корреляции	0,5	-0,1		-0,1		0,6	

казателей способствует наиболее экономному и рациональному их использованию и обеспечивает наиболее высокую окупаемость урожая [27, 299].

Таким образом, мероприятия по дифференцированному внесению удобрений имеют ряд преимуществ по сравнению с равномерным внесением:

- **во-первых, рационально используются средства химизации** и снижаются потери элементов питания по сравнению с внесением усредненных доз минеральных удобрений по обычной методике, что может вызывать либо их недостаток, либо избыток по отдельным участкам поля;

- **во-вторых, повышается урожайность продукции сельскохозяйственных культур;**

- **в-третьих, проявляется положительное влияние на плодородие почвы и экологическую обстановку в ней.**

Еще одним важным компонентом системы точного земледелия является картирование урожайности. Используя специальные датчики, установленные на уборочной технике, а также бортовые компьютеры и приемники GPS, после уборки культур можно получать пространственно-ориентировочные карты урожайности. Карты урожайности дают возможность идентификации проблемных зон, целенаправленного исследования причин снижения урожайности, таких как дефицит питательных веществ, уплотнение почвы, отсутствие дренажа, зараженность сорняками и т.д., а также помогают выработать комплекс технологических операций для повышения урожайности [39].

В нашем примере (рисунок 39) неоднородность распределения элементов питания по полю определила разницу в урожайности кукурузы на зерно по отдельным участкам, которая изменялась от < 2 до > 12 т/га.

Для определения зависимости урожая кукурузы на зерно от содержания элементов питания, а также других свойств почвы были рассчитаны коэффициенты корреляции (таблица 17).

При этом установлена положительная связь урожая кукурузы на зерно с содержанием P_2O_5 и гумуса в почве. Коэффициенты корреляции свидетельствуют о средней связи урожая кукурузы на зерно с показателями их содер-

Информация о клиенте:

Клиент: EkoNivaAgro
 Ферма: Hvorostan'
 Поле: 23219

Информация о поле:

Культура: Кукуруза (евр.)
 Дата начала: 19.09.2015
 Продукт: Кукуруза (евр.)
 Прошло: 29,967 ч
 Площадь: 193,24 га
 Средн. знач. урожая: 261,4 бу/га
 Средний вес во влажном состоянии: 6,84 т/га
 Об. урожай: 50 511,2 бу
 Общий вес во влажном состоянии: 1 321,04 т
 Средняя влажность: 10,34 %
 Производ. (площадь/ч): 6,45 га/ч

Информация о легенде:

Единицы = т/га

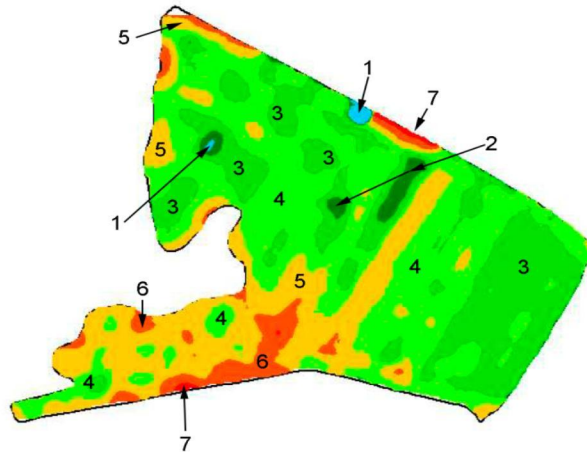
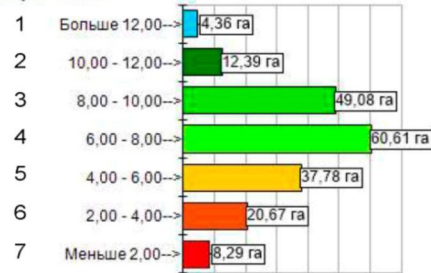


Рисунок 39 - Карта урожайности кукурузы на зерно - поле № 23219
 отд. «Хворостань» ООО «ЭкоНиваАгро» Лискинского района, 2015 г.

жания в почве, которые составили для подвижного фосфора 0,5, а для гумуса – 0,6. Существенной корреляционной зависимости между урожайностью кукурузы на зерно с содержанием обменного калия и рН почвы не выявлено. Что касается обменного калия, то это, на наш взгляд, связано с тем, что черноземные почвы богаты калием и отзывчивость культур на калийные удобрения на этих почвах слабая. Изменение реакции среды (рН) максимум на 0,6

единицы также видимо недостаточно для заметного влияния на урожайность кукурузы.

Количественная зависимость между содержанием подвижного фосфора и гумуса с урожайностью кукурузы на зерно выражается уравнениями регрессии, представленными на рисунке 40.

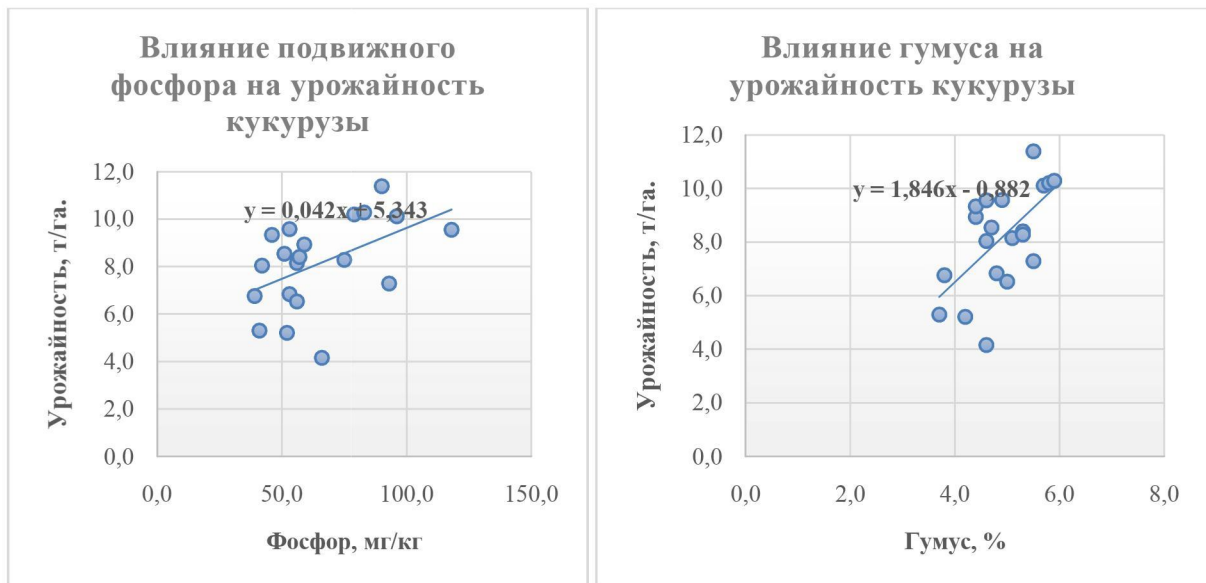


Рисунок 40 - Зависимость между содержанием подвижного фосфора и гумуса в почве и урожайностью кукурузы на зерно (поле № 23219 отд. «Хворостань» ООО «ЭкоНиваАгро» Лискинского района, 2015 г.)

для подвижного фосфора: $Y=0,0429x + 5,3436$

для гумуса: $Y=1,846x - 0,8825$

Полученные уравнения регрессии позволяют прогнозировать урожайность кукурузы на зерно при известном содержании подвижного фосфора и гумуса в почве.

Привлекательность точного земледелия, как и других технологических инноваций, на практике определяется прежде всего экономической эффективностью на уровне сельскохозяйственного предприятия [285].

Экономическая эффективность ресурсосберегающих технологий оценивается по их влиянию на улучшение конечных показателей сельскохоз-

ственного производства, главным образом на прирост прибыли за счет повышения урожайности культур, улучшения качества продукции, сокращения затрат труда и снижения себестоимости производства продукции [220].

В таблице 18 приведена оценка экономической эффективности двух систем: точного (с применением GPS-навигации) и традиционного (обычного) земледелия, применяемых под сахарную свеклу на примере хозяйства ООО «ЭкоНиваАгро» отделения «Н. Марьино» поля № 5 площадью 198 га.

Таблица 18 – Экономическая эффективность дифференцированного и равномерного (обычного) внесения удобрений, 2016 г.

№ п/п	Показатели	Сахарная свекла	
		Точное земледелие	Обычное зем- леделие
1	Внесено, кг д.в./га NPK	390	375
2	Прибавка от применения удобрений (ц/га)	117	111
3	Стоимость прибавки, руб /га	33930	32190
4	Всего затрат, руб/га	18756	17809
5	Чистый доход, руб/га	15174	14381

Как видно из представленных данных, технология с применением GPS-навигации показала наибольший экономический эффект по сравнению с традиционной системой земледелия.

Прибавка от дифференцированного внесения удобрений составила 117 ц/га, что на 6 ц/га больше по сравнению с традиционным внесением. Это напрямую отразилось на получении чистого дохода. Чистый доход на поле № 5 с применением системы точного земледелия составил 15 174 руб./га, превысив на 5,5 % аналогичный показатель при обычном земледелии (приложение Н).

Это свидетельствует о том, что система точного земледелия позволяет выявить участки поля со средним, повышенным и высоким классом обеспеченности подвижным фосфором и обменным калием, что, в свою очередь,

дает возможность вести расчет доз удобрений в зависимости от потребности отдельно взятого участка поля.

При этом обычное земледелие учитывает только один класс обеспеченности элементов питания, исходя из средневзвешенных значений, рассчитанных на всю площадь (в нашем примере содержание подвижных форм фосфора и калия составило соответственно 107 и 102 мг/кг почвы, т.е. повышенный класс обеспеченности). Дозы удобрений, рассчитанные по этим показателям, не отражают реальной обстановки на поле, в результате чего происходит перерасход удобрений на участках поля с высокой обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия, а на участках со средним содержанием, наоборот, их вносится недостаточно. Это приводит к неоднородному распределению элементов питания по полю и, как следствие, к недобору урожая.

Следовательно, наиболее экономически целесообразным из двух рассмотренных систем земледелия следует считать использование точного земледелия с применением GPS-навигации.

Таким образом, и информационное, и техническое обеспечение точного земледелия имеет не только теоретическую, но и практическую основу для внедрения в отечественное адаптивно-ландшафтное земледелие. Анализ научной литературы показал, что изучение данной проблемы в этом направлении на черноземных почвах ЦЧЗ проводилось недостаточно. В этой связи необходимо продолжение исследований по освоению и внедрению элементов точного земледелия в нашем регионе.

На сегодняшний день есть все условия для использования этой передовой технологии – системы GPS, ГИС, программные пакеты, специальная техника и др. Надеемся в дальнейшем на широкое внедрение работ по точному земледелию, и в частности его важнейшего элемента - дифференцированного внесения удобрений, в чем будет всячески способствовать центр агрохимической службы «Воронежский».

Глава VIII ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Увеличить производство сельскохозяйственной продукции можно двумя способами: экстенсивным, который основан на расширении посевных площадей, и интенсивным, связанным с повышением плодородия почв и, следовательно, широким применением удобрений [193]. Однако при совершенствовании существующих и разработке новых приемов, доз и сроков внесения удобрений, а также внедрении более прогрессивных технологий применения химических средств в земледелии необходима их оценка с учетом экономической эффективности.

Эффективность, или результативность, производства представляет собой отношение полученного полезного эффекта (результата) к затратам на получение этого результата и является целью производства.

Экономическая эффективность сельского хозяйства является непременным условием его расширенного воспроизводства. Повышение эффективности создает благоприятные материальные предпосылки для последующего увеличения объема валовой продукции, валового и чистого дохода.

Сложная социально-экономическая категория эффективности характеризует не только функционирование отрасли, но и отдельные мероприятия - организационные, управленческие, технологические, экологические, по применению минеральных удобрений и средств защиты растений и т.д. Чтобы убедиться в целесообразности планируемых и проводимых мероприятий, необходимо провести оценку затрат, оценку результатов (эффекта), их сопоставление [314].

Следует различать понятия эффекта и экономической эффективности. Эффект - это результат мероприятий, проводимых в сельском хозяйстве. Так, эффект от применения удобрений выражается в виде прибавки урожая, однако это не свидетельствует о выгодности применения удобрений. О выгоде

можно судить только на основе сравнения полученного эффекта с затратами на его достижение.

Следовательно, не эффект, а экономическая эффективность характеризует выгодность использования удобрений.

Вследствие интенсификации сельскохозяйственного производства, сопровождающейся увеличением затрат невозобновляемой энергии, в том числе и за счет возрастающего применения средств химизации, необходимо разрабатывать энергопротивозатратные технологии производства сельскохозяйственной продукции. Поэтому расчеты экономической эффективности применения средств химизации позволяют более объективно оценить мероприятия в прогрессивных технологиях, применяемых при выращивании сельскохозяйственных культур [226].

Экономическая эффективность удобрений высокая. Минеральные удобрения, внесенные в правильной дозе и надлежащем соотношении под ведущие культуры, не только окупают все расходы по их применению в первый же год, но и дают прибыль хозяйству.

Экономический эффект использования удобрений зависит от окультуренности почвы, уровня агротехники, биологических особенностей культуры, ее сорта, дозы, срока и способа внесения удобрений и других факторов.

Применение удобрений сопровождается увеличением затрат труда и средств. Однако за счет реализации дополнительной продукции эти затраты, как правило, компенсируются.

Поэтому преимущество изучаемого варианта можно выявить по результатам расчета экономической эффективности, основными показателями которой являются величина чистого дохода и рентабельность.

Для определения всех показателей экономической эффективности применения удобрений используют многолетние опытные данные, исходными моментами для ее определения в сельском хозяйстве являются урожайность и продуктивность, а конечным ее выражением - уровень рентабельности как процентное отношение дохода к себестоимости продукции.

В настоящее время в связи с резким изменением цен на сельскохозяйственную и промышленную продукцию целесообразность применения минеральных удобрений должна быть обоснована экономическими расчетами. Для этого рекомендуется пользоваться величиной границы окупаемости удобрений, по которой легко определить необходимые дозу, форму и способ внесения минеральных удобрений и выбрать оптимальные для получения наибольшей экономической эффективности [314].

Расчеты экономической эффективности удобрений мы проводили по турам агрохимического обследования в действующих средних ценах 2015 года, чтобы получить сопоставимые результаты при равных условиях оценки.

Общая сумма затрат, связанных с применением минеральных удобрений, определялась по технологическим картам возделывания и уборки сельскохозяйственных культур с использованием традиционных технологий возделывания для области.

Экономическая эффективность применения удобрения характеризуется следующими показателями: выход продукции (в натуре и стоимостном выражении) с 1 га; себестоимость одного центнера продукции; окупаемость 1 т (ц) удобрения; чистый доход на один гектар удобренной площади, на 1 руб. затрат; уровень рентабельности (таблицы 19, 20, 21, 22).

Все основные затраты, связанные с возделыванием сельскохозяйственных культур, уборкой дополнительной продукции от применения минеральных удобрений, транспортировкой, погрузкой – разгрузкой, рассчитывали по нормативам затрат. Расходы на применение удобрений определяли исходя из их стоимости, затрат на перевозку, хранение, подготовку и внесение в поле.

Расчет экономической эффективности применения удобрений проводили под озимую пшеницу, сахарную свеклу, кукурузу на силос и подсолнечник.

Анализ экономических показателей показал, что применение минеральных удобрений под озимую пшеницу повышает урожайность, что дает

возможность получать дополнительный урожай с одного гектара. Однако этот показатель не может служить уровнем эффективности, поскольку он не отражает затрат на его производство (таблица 19).

Таблица 19 - Показатели эффективности применения удобрений под озимую пшеницу по турам агрохимического обследования (в средних ценах 2015 года) на 1 га

Показатели	2 тур	3 тур	4 тур	5 тур	6 тур	7 тур	8 тур
1. Урожайность, ц	21,6	19,5	31,4	24,0	20,8	25,5	25,0
2. Средняя цена 1 ц продукции, руб.	877	877	877	877	877	877	877
3. Стоимость валовой продукции, руб.	18943	17102	27538	21048	18242	22364	21925
4. Производственные затраты, руб.	14842	18106	27782	24172	16304	16020	14504
в т. ч. на удобрения всего, руб.	5564	8497	16563	13503	6934	6500	5209
в т. ч. на мин. удобрения, руб.	2669	3598	8789	5279	2621	3068	2999
на орг. удобрения, руб.	2894	4899	7774	8224	4312	3432	2210
5. Затраты на удобрения к общей сумме затрат, %	37,5	46,9	59,6	55,9	42,5	40,6	35,9
6. Затраты на удобрения на 1 ц продукции, руб.	257,57	435,77	527,47	562,64	333,35	254,92	208,36
7. Окупаемость затрат на удобрения, ц/тыс. руб.	3,9	2,3	1,9	1,8	3,0	3,9	4,8
8. Производственная себестоимость 1 ц, руб.	687,11	928,51	884,77	1007,15	783,82	628,22	580,16
9. Затраты труда на 1 ц, чел.-час.	0,37	0,58	0,59	0,72	0,50	0,35	0,28
10. Чистый доход (убыток), руб.	4102	-1005	-244	-3124	1938	6344	7421
11. Уровень рентабельности (окупаемости), %	27,6	(94,5)	(99,1)	(87,1)	11,9	39,6	51,2

По годам обследования чистый доход получали не всегда, так как при внесении высоких доз удобрений полученная прибавка урожая не окупала затраты (третий, четвертый и пятый туры). Убыток с одного гектара составлял 244 - 3124 руб. Процент затрат на удобрения и в целом себестоимость продукции по этим турам обследования максимальная, а окупаемость затрат полученной прибавкой урожая низкая – около 2 ц/га.

Наибольшее количество удобрений вносилось в четвертом туре (1986 - 1990 гг.), и хотя в этот период получена самая большая урожайность, но по действующим ценам затраты на удобрения были высокие (около 60 % от всех затрат), и в результате получен убыток – 244 руб. /га, а уровень окупаемости составил 99 %.

Рассчитанный уровень рентабельности показал, что применение удобрений под озимую пшеницу в небольших дозах, даже при невысокой урожайности, экономически выгодно. Чистый доход и уровень рентабельности по данным 8 тура обследований (2006-2010 гг.) были максимальны и составили соответственно 7421 руб. и 51 %.

Практика показывает, что наибольшая окупаемость прибавкой урожая единицы вносимых удобрений наблюдается при применении невысоких доз. Однако поскольку прибавка урожая с единицы площади при внесении малых доз удобрений также невелика, то затраты на внесение таких доз удобрений могут не окупиться. При увеличении доз удобрений до определенного уровня прибавки урожая и доходы возрастают, однако окупаемость единицы вносимых удобрений урожаем постепенно снижается.

Таким образом, анализ экономической эффективности применения удобрений под озимую пшеницу показал, что прибавки урожая не всегда окупают затрат, связанных с внесением удобрений. Это объясняется, на наш взгляд, как диспаритетом цен на удобрения и зерно озимой пшеницы, так и нарушениями других элементов технологии ее возделывания (качество семян, сроки сева, борьба с вредителями и болезнями, сроки уборки и др.).

При расчете экономической эффективности применения удобрений под сахарную свеклу в действующих ценах видно (таблица 20), что очень высокие дозы удобрений (второй, третий и пятый туры агрохимического обследования) при фактической урожайности того периода экономически не оправданы - окупаемость затрат в пределах 71 – 98 %.

Таблица 20 - Показатели эффективности применения удобрений под сахарную свеклу по турам агрохимического обследования (в средних ценах 2015 г.) на 1 га

Показатели	2 тур	3 тур	4 тур	5 тур	6 тур	7 тур	8 тур
1. Урожайность, ц	177	129,3	228,1	150,5	145,5	218,9	274,4
2. Средняя цена 1 ц продукции, руб.	250	250	250	250	250	250	250
3. Стоимость валовой продукции, руб.	44250	32325	57025	37625	36375	54725	68600
4. Производственные затраты, руб.	48201	45706	47470	38363	33379	38696	45992
в т. ч. на удобрения всего, руб.	15311	14551	12798	7438	3246	5529	10170
в т.ч. на мин. удобрения, руб.	14235	13808	12333	7029	2892	5175	8815
на орг. удобрения, руб.	1077	743	465	409	354	354	1355
5. Затраты на удобрения к общей сумме затрат, %	31,8	31,8	27,0	19,4	9,7	14,3	22,1
6. Затраты на удобрения на 1 ц продукции, руб.	86,5	112,5	56,1	49,4	22,3	25,3	37,1
7. Окупаемость затрат на удобрения, ц/тыс. руб.	11,6	8,9	17,8	20,2	44,8	39,6	27,0
8. Производственная себестоимость 1 ц, руб.	272,3	353,5	208,1	254,9	229,4	176,8	167,6
9. Затраты труда на 1 ц, чел.-час.	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
10. Чистый доход (убыток), руб.	-3951	-13381	9555	-738	2996	16029	22608
11. Уровень рентабельности (окупаемости), %	(91,8)	(70,7)	20,1	(98,1)	9,0	41,4	49,2

В современных условиях при возделывании высокоурожайных гибридов сахарной свеклы, на наш взгляд, необходимо вносить близкие к оптимальным дозам удобрения, в среднем как применяли в 2006-2010 гг. (272,1 д.в. NPK на га) (восьмой тур). Даже при урожайности 274 ц/га получен высокий чистый доход – 22,6 тыс. руб./ га, при уровне рентабельности почти 50 % и затратах на удобрения в себестоимости около 22 %. Повышенные же дозы удобрений в современных условиях, при действующих ценах, оправданы лишь при высокой урожайности культуры – не менее 400 ц/га.

Применение удобрений под кукурузу на силос оправдано. Отрицательный результат получен только по первым двум турам, уровень окупаемости составил 96 %, а убыток с одного гектара – 725 - 825 руб., что связано с невысокой урожайностью культуры при высоких дозах внесения удобрений, но в целом прослеживается четкая зависимость эффекта от их применения (таблица 21).

Максимальное применение удобрений под кукурузу было в 1986-1990 гг., вследствие этого была получена максимальная урожайность при уровне рентабельности 25,6 % и чистом доходе более 5,5 тыс. руб. Причем затраты на химизацию составили около 29 % от всех затрат.

При уменьшении доз вносимых удобрений под кукурузу на силос не только снижается урожайность, но значительно уменьшается и эффективность. Так, за период 8-го тура уровень рентабельности составил только 7,7 %, а чистый доход - 1,1 тыс. руб. Окупаемость затрат на удобрения была максимальной по турам, где удобрения вносились в минимальных количествах.

Подсолнечник – одна из самых рентабельных культур, возделываемых в Российской Федерации. Даже при невысокой урожайности себестоимость единицы продукции меньше, чем цена реализации. По турам агрохимического обследования за последние сорок лет (при современных условиях и ценах) возделывание подсолнечника всегда рентабельно (таблица 22).

Таблица 21 - Показатели эффективности применения удобрений под кукурузу на силос по турам агрохимического обследования (в средних ценах 2015 г.) на 1 га

Показатели	2 тур	3 тур	4 тур	5 тур	6 тур	7 тур	8 тур
1. Урожайность, ц	151,0	183,4	225,7	156,4	129,3	138,7	127,6
2. Средняя цена 1 ц продукции, руб.	120	120	120	120	120	120	120
3. Стоимость валовой продукции, руб.	18120	22008	27084	18768	15516	16644	15312
4. Производственные затраты, руб.	18845	22853	21565	16017	13012	13366	14212
в т. ч. на удобрения всего, руб.	5738	8554	6627	3212	1255	1377	2315
в т.ч. на мин. удобрения, руб.	1903	3745	4802	1935	708	891	1464
на орг. удобрения, руб.	3835	4809	1825	1277	546	486	851
5. Затраты на удобрения к общей сумме затрат, %	30,4	37,4	30,7	20,1	9,6	10,3	16,3
6. Затраты на удобрения на 1 ц продукции, руб.	38,00	46,64	29,36	20,54	9,71	9,93	18,15
7. Окупаемость затрат на удобрения, ц/тыс. руб.	20,9	14,0	18,1	37,4	95,6	87,1	51,8
8. Производственная себестоимость 1 ц, руб.	124,8	124,6	95,5	102,4	100,6	96,4	111,4
9. Затраты труда на 1 ц, чел.-час.	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05	0,06	0,06
10. Чистый доход (убыток), руб.	-725	-845	5519	2751	2504	3278	1100
11. Уровень рентабельности (окупаемости), %	(96,2)	(96,3)	25,6	17,2	19,2	24,5	7,7

Так, при максимальном внесении удобрений в 1986-1990 гг. (4 тур), наблюдался не только агрономический эффект, но и экономический. Чистый доход с одного гектара составил 9350 руб. при уровне рентабельности 56 %.

Однако максимальный экономический эффект был получен от применения невысоких норм удобрений (восьмой тур), за период 2006-2010 гг. прибыль на 1 га составила 13,5 тыс. руб. при уровне рентабельности 94 %. На наш взгляд, это связано с оптимизацией всех агроприемов в этот период.

Таблица 22 - Показатели эффективности применения удобрений под подсолнечник по турам агрохимического обследования (в средних ценах 2015 года) на 1 га

Показатели	2 тур	3 тур	4 тур	5 тур	6 тур	7 тур	8 тур
1. Урожайность, ц	9,3	8,6	13	9,8	9,6	10,5	13,9
2. Средняя цена 1 ц продукции, руб.	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
3. Стоимость валовой продукции, руб.	18600	17200	26000	19600	19200	21000	27800
4. Производственные затраты, руб.	13836	14524	16650	14089	12475	12868	14319
в т. ч. на удобрения всего, руб.	2008	2614	4403	2214	835	1149	2310
в т.ч. на мин. удобрения, руб.	1523	2129	3978	1850	520	786	1398
на орг. удобрения, руб.	486	486	425	364	315	364	912
5. Затраты на удобрения к общей сумме затрат, %	74,4	84,4	64,0	71,9	65,0	61,3	51,5
6. Затраты на удобрения на 1 ц продукции, руб.	216,0	304,0	338,7	225,9	87,0	109,5	166,2
7. Окупаемость затрат на удобрения, ц/тыс. руб.	4,6	3,3	3,0	4,4	11,5	9,1	6,0
8. Производственная себестоимость 1 ц, руб.	1487,8	1688,8	1280,8	1437,6	1299,4	1225,5	1030,2
9. Затраты труда на 1 ц, чел.-час.	0,48	0,52	0,36	0,44	0,44	0,41	0,37
10. Чистый доход (убыток), руб.	4764	2676	9350	5511	6725	8132	13481
11. Уровень рентабельности (окупаемости), %	34,4	18,4	56,2	39,1	53,9	63,2	94,1

Таким образом, расчет экономической эффективности применения удобрений под основные сельскохозяйственные культуры Воронежской области показал, что она зависит как от применяемых доз удобрений, так и от возделываемой культуры и полученной урожайности.

Положительный экономический эффект по озимой пшенице получен во втором, шестом, седьмом и восьмом турах обследования (чистый доход изменялся от 1938 до 7421 руб./га), по сахарной свекле – в четвертом, шестом, седьмом и восьмом турах (чистый доход изменялся от 2996 до 22608 руб./га), по кукурузе на силос - с четвертого по восьмой тур (чистый доход изменялся

от 1100 до 5519 руб./га), по подсолнечнику дополнительный чистый доход получен во все годы наблюдений при уровне его от 2676 до 13481 руб./га.

Отрицательный экономический эффект (убыток) связан, на наш взгляд, как с диспаритетом цен на удобрения и сельскохозяйственную продукцию, так и с нарушениями других элементов технологии возделывании сельскохозяйственных культур (подготовка почвы, качество посевного материала, сроки сева, борьба с вредителями, болезнями и сорняками, сроки уборки и т.д.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Длительное систематическое внесение минеральных и органических удобрений улучшало фосфатный и калийный режимы почв. До 1990 года, когда объемы применения удобрений постоянно нарастали, происходило заметное увеличение содержания доступных форм фосфора и калия в почве. Содержание подвижных фосфатов в почве между I и V турами (1964-1995 гг.) увеличилось в пахотном горизонте с 74 до 109 мг/кг почвы и составило в среднем по области 35 мг/кг, а обменного калия - со 115 до 128 мг/кг почвы – 13 мг/кг. В последующие годы, в условиях резкого снижения объемов применения удобрений (с 1991 года), наблюдается заметное снижение содержания подвижного фосфора в почве и по завершении VIII тура агрохимического обследования в среднем по области почвы стали характеризоваться как среднеобеспеченные (94 мг/кг). Что касается обменного калия, то такой зависимости от применения удобрений не наблюдалось, его содержание по завершении VIII тура агрохимического обследования в среднем по области оставалось на уровне высокого класса обеспеченности (123 мг/кг почвы). Это объясняется большими потенциальными запасами калия в черноземах.

Определена положительная зависимость баланса элементов питания от их поступления с удобрениями. Коэффициенты корреляции свидетельствуют о тесной связи между поступлением фосфора ($k=0,93$) и калия ($k=0,86$) с удобрениями и балансом их в почвах области.

2. Средневзвешенное содержание гумуса в почвах области за 46-летний период наблюдений оставалось примерно на одном уровне – 5,6 %. Однако расчет баланса гумуса в почвах пашни Воронежской области за последних 2 тура обследования показал его ежегодный дефицит - 0,63 - 0,66 т/га. Для поддержания бездефицитного баланса гумуса необходимо вносить ежегодно на гектар пашни 7 - 8 т навоза.

3. За период с 1979 по 2010 г. произошло увеличение площадей почв с кислой реакцией среды с 23,4 до 29,2 % пашни, при этом тенденция к увели-

чению доли кислых почв сохраняется. 576,4 тыс. га почв области нуждаются в известковании.

4. Почвы Воронежской области не содержат цинк, медь, марганец и кобальт в токсических для растений концентрациях. Напротив, в целом по области практически все они имеют острый дефицит по цинку, меди и кобальту (соответственно 99,7 %, 96,5 и 94,7 % от обследованной площади), а также 86,9 % отличаются недостаточным содержанием подвижного марганца. По обеспеченности почв подвижные микроэлементы в области образуют следующий убывающий ряд: $Mn > Co > Cu > Zn$.

5. За период 1986-1990 гг., когда вносилось максимальное количество удобрений на 1 га пашни (в среднем за год 118,8 кг д.в. NPK и 3,4 т навоза), в почвах области сложился положительный баланс элементов питания. Это способствовало увеличению урожайности озимой пшеницы на 45 %, сахарной свеклы – на 28, кукурузы на силос – на 49 и подсолнечника – на 39 %. Снижение объемов применения минеральных и органических удобрений за период с 1991 по 2000 г. привело к снижению урожайности соответственно на 34 %, 36, 43 и 26 %. С 2001 года, когда наметилась положительная тенденция увеличения объемов применения минеральных и органических удобрений, отмечается постепенный рост урожая основных сельскохозяйственных культур.

Анализ результатов мониторинга свидетельствует о высокой связи между дозами минеральных удобрений с урожайностью озимой пшеницы, сахарной свеклы, кукурузы на силос и средней - подсолнечника, коэффициенты корреляции при этом составили соответственно 0,83, 0,98, 0,97 и 0,37. Рассчитанные коэффициенты корреляции указывают на среднюю связь (0,49) урожая озимой пшеницы, (0,43) кукурузы на силос, (0,64) подсолнечника и сильную (0,82) - урожая сахарной свеклы с дозами органических удобрений. Установлена сильная положительная связь между совместным влиянием навоза и минеральных удобрений и урожайностью изучаемых культур.

6. Наряду с традиционными видами удобрений дополнительным или резервным источником минерального питания для растений могут быть местные нетрадиционные виды удобрений - глауконитовые пески, фосфориты и мелиоранты – дефека́т или сыромолотый мел.

Для улучшения пищевого режима почв, повышения урожайности и качества продукции, а также снижения концентрации в почве подвижных форм цинка, свинца, меди, никеля, хрома, кобальта, железа, марганца рекомендуется внесение глауконита в дозе 5 т/га. Прибавка урожая составила в 2003 году проса – 6,3 ц/га, в 2004 году гороха – 9,5, в 2005-2006 годах озимой пшеницы – 5,8, 9,1, в 2007 году ячменя - 5,8, в 2009 году озимой пшеницы - 6,6 ц/га.

Для устранения дефицита фосфора в почве, а также увеличения урожайности и качества зерновых культур рекомендуется совместное внесение на черноземе выщелоченном 100 кг/га д.в. фосфоритов и 15 т дефека́та, пролонгирующее действие которых составляет более 7 лет. Прибавка урожая зерновых - 6,0 - 8,0 ц/га.

Применение дефека́та в качестве мелиоранта кислых почв на территории Воронежской области уже в первый год способствует снижению гидролитической кислотности на 0,2 – 0,5 мг-экв на 100 г почвы. Прибавка урожая составила по озимой пшенице 3 - 8 ц/га, ячменю – 3 - 5, сахарной свекле – 50 - 90 ц/га.

Использование мела природного сыромолотого снижало кислотность почв на 0,4 - 1,3 единицы рН. Максимальный процесс раскисления отмечен на третий год, на пятый год отмечается стабилизация почвенной кислотности на уровне рН > 5,5. Оптимальная норма внесения мела – 5 – 10 т/га физ. веса.

7. Установлена положительная связь урожая кукурузы на зерно с содержанием P_2O_5 и гумуса в почве. Коэффициенты корреляции составили для подвижного фосфора 0,5, а для гумуса – 0,6, и полученные уравнения регрессии позволяют прогнозировать урожайность кукурузы на зерно при известном содержании подвижного фосфора и гумуса в почве. Существенной кор-

реляционной зависимости между урожайностью кукурузы на зерно и содержанием обменного калия и рН почвы не выявлено.

8. Технология внесения удобрений с применением GPS-навигации обеспечивает больший экономический эффект по сравнению с традиционной системой земледелия.

Прибавка урожая сахарной свеклы от дифференцированного внесения удобрений составила 117 ц/га, что на 6 ц/га больше по сравнению с традиционным внесением. Чистый доход с применением системы точного земледелия составил 15 174 руб./га, что на 5,5 % выше, чем при обычном земледелии.

9. Положительный экономический эффект по озимой пшенице получен во втором, шестом, седьмом и восьмом турах обследования (чистый доход изменялся от 1938 до 7421 руб./га), по сахарной свекле – в четвертом, шестом, седьмом и восьмом турах (чистый доход изменялся от 2996 до 22608 руб./га), по кукурузе на силос - с четвертого по восьмой тур (чистый доход изменялся от 1100 до 5519 руб./га), по подсолнечнику дополнительный чистый доход получен во все годы наблюдений при уровне его от 2676 до 13481 руб./га.

Отрицательный экономический эффект (убыток) связан, на наш взгляд, как с диспаритетом цен на удобрения и сельскохозяйственную продукцию, так и с нарушениями других элементов технологии возделывании сельскохозяйственных культур (подготовка почвы, качество посевного материала, сроки сева, борьба с вредителями, болезнями и сорняками, сроки уборки и т.д.).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Результаты исследований могут быть использованы для краткосрочных и долгосрочных прогнозов изменения агрохимических показателей плодородия почв Воронежской области.

2. Для поддержания бездефицитного баланса азота, фосфора и калия в почвах Воронежской области необходимо увеличить их применение на 25 - 30 кг/га по азоту, 5 - 10 кг/га - по фосфору и 35 - 40 кг/га - по калию.

3. При существующих площадях кислых почв в области и сроках действия мелиоранта 6 - 7 лет необходимо ежегодно известковать не менее 100 тыс. га.

4. При разработке системы удобрения отдельных сельскохозяйственных культур области или севооборота в целом необходимо предусмотреть применение микроудобрений, содержащих цинк, медь, марганец и кобальт.

5. В качестве дополнительных источников минерального питания растений рекомендуется использовать местные ресурсы - глауконитовые пески, фосфориты и мелиоранты – дефекат или сырмомолотый мел.

6. Шире практиковать при внесении удобрений точное земледелие, которое позволяет повысить окупаемость средств химизации, уменьшить непроизводительные потери элементов питания, увеличить урожайность, а также положительно влиять на плодородие почвы и экологическую обстановку в ней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абаимов В.Ф. Продуктивность посева и качество зерна озимой пшеницы при некорневых подкормках азотом и микроэлементами / В.Ф. Абаимов, В.Б. Щукин // Зерновые культуры. – 1997. - № 2. – С. 17 - 18.
2. Авдонин Н.С. Научные основы применения удобрений / Н.С. Авдонин. – Москва: Колос, 1972. – 320 с.
3. Авдонин Н.С. Повышение плодородия кислых почв / Н.С. Авдонин. – Москва: Колос, 1960. – 304 с.
4. Авраменко П.М. Состояние пахотных почв Белгородской области / П.М. Авраменко, М.А. Ероховец, С.В. Лукин // Агрохимический вестник. – 2002. - № 5. – С. 5-7.
5. Агафонов Е.В. Локальное внесение удобрений под подсолнечник / Е.В. Агафонов, Л.Н. Агафонова, Г.Е. Мажуга // Зерновые культуры. – 1998. - № 6. – С. 12-14.
6. Агафонов Е.В. Система удобрения гибридов кукурузы разного срока созревания на темно-каштановой почве Ростовской области / Е.В. Агафонов, А.А. Батаков // Агрохимия. – 2000. - № 11. – С. 41-50.
7. Агафонов Е.В. Удобрение семенных посевов гибридного подсолнечника на темно-каштановой почве / Е.В. Агафонов, Ф.И. Горбаченко, Д.А. Батаков // Агрохимия. – 2003. - № 3. – С. 35-41.
8. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв Белгородской области / П.М. Авраменко [и др.]; под общ. ред. П.М. Авраменко, С.В. Лукина. – Белгород, 2001. – 40 с.
9. Агрохимия / Б.А. Ягодин [и др.]; под ред. Б.А. Ягодина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Агропромиздат, Ленингр. отделение, 1987. – 142 с.
10. Агрохимия / Б.А. Ягодин [и др.]; под ред. Б.А. Ягодина. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 639 с.
11. Агроэкологическая оценка почв хозяйств юго-востока Воронежской области / А.М. Жабин [и др.] // Агрохимический вестник. - 2004. – № 2. – С. 8-10.

12. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО / под. ред. А.П. Щербакова, И.П. Васенева. – Курск, 1996. – 326 с.
13. Адерихин П.Г. Изменение черноземных почв ЦЧО при использовании их в сельском хозяйстве / П.Г. Адерихин // Черноземы ЦЧО и их плодородие. – Москва, 1964. – С. 61-89.
14. Адерихин П.Г. Почвы Воронежской области / П.Г. Адерихин. – Воронеж, 1963. – 265 с.
15. Адерихин П.Г. Фосфор в почвах и в земледелии Центрально – Черноземной полосы / П.Г. Адерихин. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1970. – 248 с.
16. Адрианов С.Н. Роль фосфора в современном земледелии России / С.Н. Адрианов, Б.А. Сушеница // Плодородие. – 2004. - № 3. – С. 13-15.
17. Адрианов С.Н. Формирование фосфатного режима дерново-подзолистых почв в разных системах удобрения / С.Н. Адрианов. – Москва: ВНИИА, 2004. – 296 с.
18. Азаров В.Б. Выбор технологии возделывания кукурузы на силос в ЦЧЗ / В.Б. Азаров, В.Д. Соловиченко, А.В. Акинчин // Достижения науки и техники АПК. – 2004. - № 1. – С. 19-21.
19. Айдиев А.Ю. Эффективность доз минеральных удобрений под озимую пшеницу в зависимости от погоды / А.Ю. Айдиев, Н.Н. Боева, Г.М. Дериглазова // Достижения науки и техники АПК. – 2006. - № 11. – С. 36-37.
20. Акулов П.Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность черноземов / П.Г. Акулов. - Москва: Колос, 1992. - 221 с.
21. Алексеев Н.Е. Влияние паров, основной обработки почвы и удобрений на урожайность и засоренность озимой пшеницы / Н.Е. Алексеев, Г.И. Казаков // Научные основы совершенствования систем земледелия в современных условиях. – Ульяновск, 1998. – С. 57-59.
22. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 142 с.

23. Алексейчик Н.Н. Использование калия сельскохозяйственными культурами при известковании / Н.Н. Алексейчик // Почвенные исследования и применение удобрений. – Минск, 1975. – Вып. 6. – С. 99-103.
24. Анохин В.С. Фосфорные удобрения и содержание подвижных форм фосфора в почвах Кемеровской области / В.С. Анохин, Ю.А. Королев // Агрохимический вестник. – 2006. - № 3. – С. 30-32.
25. Апасов И.В. Концепция развития свеклосахарного комплекса России в 2008-2020 гг. / И.В. Апасов // Сахарная свекла. – 2009. - № 5. – С. 3.
26. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применения удобрений в агроэкосистемах / А.Н. Аристархов; под ред. акад. РАСХН В.Г. Минеева - Москва: ЦИНАО, 2000. – 524 с.
27. Артемьев А.А. Влияние дифференцированного применения минеральных удобрений на продуктивность культур полевого севооборота и плодородие чернозема выщелоченного / А.А. Артемьев // Достижения науки и техники АПК. – 2010. - № 3. – С. 8-9.
28. Афанасьев Р.А. Дифференцированное применение удобрений - настоящее и будущее / Р.А. Афанасьев // Плодородие. - 2002. - №4. – С. 9-11.
29. Ахтырцев Б.П. Почвенный покров Среднерусского Черноземья / Б.П. Ахтырцев, А.Б. Ахтырцев. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1993. – 216 с.
30. Ахтырцев Б.П. Почвы Воронежской области / Б.П. Ахтырцев, А.Б. Ахтырцев, Л.А. Яблонских // Вестник ВГУ. – 2006. - № 1. – С. 85-95.
31. Багринцева В.Н. Влияние видов удобрений на урожайность кукурузы / В.Н. Багринцева, Г.Н. Сухоярская // Кукуруза и сорго. – 2010. - № 4. – С. 12-14.
32. Багринцева В.Н. Влияние калийных удобрений на рост и продуктивность растений кукурузы на черноземе обыкновенном карбонатном / В.Н. Багринцева, И.А. Шмалько // Агрохимия. – 2006. - № 6. – С. 40-44.
33. Базилевич Н.И. О накоплении аморфной кремнекислоты в почвах / Н.И. Базилевич, Р.А. Калашникова, Е.А. Ярилова // Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 1954. – Т.44. – С. 263-280.

34. Бакиров Н.Б. Прогнозирование урожайности яровой пшеницы по содержанию фосфора и калия в почвах / Н.Б. Бакиров, И.Д. Давлятшин // Плодородие. – 2007. - № 1. – С. 12-13.
35. Балабанов В.И. Технологии точного земледелия и опыт их применения / В.И. Балабанов, Е.В. Березовский // Вестник Глонасс. – 2011. - № 1. – С. 20-25.
36. Балов В.К. Масличность семян подсолнечника в зависимости от уровня минерального питания / В.К. Балов, М.Н. Шибзухов // Зерновое хозяйство. – 2006. - № 5. – С. 9.
37. Баннов И.Г. Формирование урожая и качества зерна озимой пшеницы в зависимости от доз и сроков внесения минеральных удобрений / И.Г. Баннов // Аграрная наука. - 2007. - № 2. – С. 17-18.
38. Батудаев А.П. Гумусное состояние черноземной почвы при различном сельскохозяйственном использовании / А.П. Батудаев, А.Н. Стулев, В.М. Коршунов // Агрехимия. – 2007. - № 2. – С. 19-22.
39. Белавцева Т.М. Технологии точного земледелия, их перспективы и возможности использования на мелиорированных землях: (Научно-технический обзор) / Т.М. Белавцева. – Москва: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2009. – 113 с.
40. Белевцев Д.Н. Влияние удобрений на продуктивность подсолнечника в зоне недостаточного увлажнения / Д.Н. Белевцев, В.Ф. Макарова // Земледелие. – 2005. - № 5. – С. 10-11.
41. Белогуров В.А. Продуктивность подсолнечника в зависимости от предшественников и удобрений / В.А. Белогуров, Р.П. Скубицкая // Масличные культуры. – 1987. - № 5. – С. 12-13.
42. Беляев А.Б. Трансформация гумусного состояния черноземов выщелоченных при длительном сельскохозяйственном использовании / А.Б. Беляев // Черноземы России: экологическое состояние и современные почвенные процессы: материалы Всероссийской конференции, посвященной 70

– летию кафедры почвоведения и агрохимии ВГУ / под ред. Д.И. Щеглова. – Воронеж, 2006. – С. 60-64.

43. Боровкова А.С. Дифференцированное внесение минеральных удобрений в условиях лесостепи Самарской области / А.С. Боровкова, А.П. Цирулев // Агрономия и защита растений. – 2012. - № 3. – С. 11-15.

44. Бровкин В.И. Влияние удобрений на продуктивность озимой пшеницы по чистому пару в черноземе выщелоченном Тульской области / В.И. Бровкин // Агрохимия. – 1999. - № 3. – С. 52-55.

45. Будихер Т.Н. Изменение плодородия чернозема выщелоченного под влиянием длительного применения удобрений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Т.Н. Будихер. – Краснодар, 1996. – 26 с.

46. Буюкли П.И. Твердая озимая пшеница / П.И. Буюкли. – Кишинев: Штиинца, 1983. – 224 с.

47. Васильева Л.В. Взаимосвязь в эффективности калийных и магниевых удобрений в условиях песчано-супесчаных почв Сев. Предуралья / Л.В. Васильева // Агрохимия. – 1964. - № 9. – С. 21-29.

48. Васюков П.П. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы / П.П. Васюков, Г.В. Чуварлеев, В.И. Цыганков // Земледелие. – 2006. - № 1. – С. 26-27.

49. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. – Москва: Изд-во АН. СССР, 1957. – 238 с.

50. Виноградова И.А. Удобрение озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах / И.А. Виноградова // Аграрная наука. – 2008. - № 11. – С. 18-19.

51. Влияние приемов биологизации на урожайность сахарной свеклы и плодородие чернозема выщелоченного / А.В. Дедов [и др.] // Сахарная свекла. – 2007. - № 3. - С. 12-15.

52. Володарский Н.И. Биологические основы возделывания кукурузы / Н.И. Володарский. – Москва: Колос, 1975. – 253 с.

53. Волошин Е.И. Микроэлементы в почвах и растениях южной части Средней Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04, 03.00.16 / Е.И. Волошин. – Новосибирск, 2004. – 32 с.
54. Волошин Е.И. Цинк в пахотных почвах Красноярского края / Е.И. Волошин // Агрохимия. - 2002. – № 5. – С. 33-40.
55. Воронин В.М. Азотные удобрения и продуктивность / В.М. Воронин // Сахарная свекла. - 2000. - № 1. - С. 10-13.
56. Воронин В.М. Влияние азотных удобрений на плодородие выщелоченных чернозёмов и величину урожая корнеплодов сахарной свёклы / В.М. Воронин // Итоги научно-исследовательских работ агрономического факультета. - Воронеж, 2004. – С. 122-131.
57. Воронкова Н.А. Влияние длительного применения удобрений в севообороте на фосфатный режим черноземов выщелоченных Западной Сибири / Н.А. Воронкова // Агрохимия. – 2010. - № 12. - С. 10-17.
58. Врачеватели Воронежских черноземов / под ред. В.И. Корчагина. – Воронеж: Истоки, 2014. – 99 с.
59. Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР / К.Е. Гинзбург. – Москва: Наука, 1981. – 244 с.
60. Горбунов Н.И. Минералогия и физическая химия почв / Н.И. Горбунов. – Москва: Наука, 1978. – 293 с.
61. Губанов Я.В. Озимая пшеница / Я.В. Губанов, Н.Н. Иванов. – Москва: Агропромиздат, 1988. - 303 с.
62. Гулянов Ю.А. Реализация ресурсного потенциала агроценозов озимой пшеницы при применении минеральных удобрений / Ю.А. Гулянов // Аграрная наука. – 2007. - № 5. - С. 10-12.
63. Гуреев И.И. Современные технологии возделывания и уборки сахарной свеклы: практическое руководство / И.И. Гуреев. – Москва: Печатный город, 2009. – 224 с.
64. Давыдовский Г.М. Дозы и сроки внесения азота под сахарную свеклу / Г.М. Давыдовский // Агрохимия. – 1986. - № 11. – С. 14-18.

65. Девятова Т.А. Агрогенная динамика биологической активности черноземов ЦЧР / Т.А. Девятова, Н.В. Стороженко // Черноземы России: экологическое состояние и современные почвенные процессы: материалы Всероссийской конференции, посвященной 70 – летию кафедры почвоведения и агрохимии ВГУ / под ред. Д.И. Щеглова. – Воронеж, 2006. – С. 38-48.

66. Девятова Т.А. Агрогенная динамика физико-химических и агрохимических свойств черноземов / Т.А. Девятова // Плодородие. – 2007. - № 1 – С. 6-7.

67. Девятова Т.А. Агрогенная трансформация гумусного состояния старопахотных черноземов ЦЧР / Т.А. Девятова, Д.И. Щеглов, А.Н. Антонюк // Черноземы России: экологическое состояние и современные почвенные процессы: материалы Всероссийской конференции, посвященной 70 – летию кафедры почвоведения и агрохимии ВГУ / под ред. Д.И. Щеглова. – Воронеж, 2006. – С. 271-277.

68. Дедов А.В. Бинарные посевы в ЦЧР: монография / А.В. Дедов, М.А. Несмеянова, Т.Г. Кузнецова. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – 139 с.

69. Дедов А.В. Воспроизводство органического вещества почвы в земледелии ЦЧР (вопросы теории и практики): автореф. дис. ... доктора с.-х. наук / А.В. Дедов. – Воронеж, 2000. – 46 с.

70. Дедов А.В. Основные приемы повышения плодородия черноземов / А.В. Дедов // Вестник ВГАУ. – 2011. - № 4. – С. 9-13.

71. Дедов А.В. Эффективность использования удобрений при возделывании озимой пшеницы / А.В. Дедов, Л.Ю. Лукин, А.Н. Косилова // Плодородие. – 2002. - № 1. – С. 27-28.

72. Действие минеральных удобрений на урожай и качество зерна некоторых сортов озимой пшеницы в условиях Калмыкии / Б.А. Гольдварг [и др.] // Агрохимия. - 1993. - № 1. – С. 65-70.

73. Державин Л.М. Итоги опытной работы с удобрениями / Л.М. Державин // Земледелие. – 1982. - № 10. – С. 40-42.

74. Динамика кислотности почв Белгородской области / П.М. Авраменко [и др.] // Агрехимический вестник. - 2002. - № 4. – С. 4-5.
75. Дифференцированное внесение удобрений как основное направление точного земледелия / В.И. Корчагин [и др.]. – Воронеж: Истоки, 2013. – 14 с.
76. Дифференцированное применение минеральных удобрений в системе точного земледелия / А.А. Артемьев и [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2005. - № 5. – С. 6-7.
77. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное расщепление / В.В. Добровольский. – Москва: Мысль, 1983. – 272 с.
78. Доманов Н.М. Важнейший фактор высокоэффективного сельскохозяйственного производства / Н.М. Доманов, Н.К. Шаповалов, Н.Н. Позднякова // Агрехимический вестник. – 2002. - № 5. – С. 13-17.
79. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами стат. обраб. результатов исслед.) / Б.А. Доспехов. – Москва: Агрпромиздат, 1985. - 351 с.
80. Еремин Д.И. Динамика подвижного фосфора пахотного чернозема при длительном использовании органо-минеральной системы удобрения в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Еремин // Плодородие. – 2015. - № 4. – С. 13-17.
81. Еремина Р.Ф. Нормы минерального питания и извести при удобрении сахарной свеклы соломой озимой пшеницы / Р.Ф. Еремина, Н.А. Чуян, Г.М. Брескина // Сахарная свекла. – 2010. - № 6. – С. 23-26.
82. Ермолаев С.А. Агрехимическое и агроэкологическое состояние почв России / С.А. Ермолаев, В.Г. Сычев, В.Г. Плющиков // Плодородие. – 2001. - № 1. – С. 4-7.
83. Ермолаев С.А. Эффективность применения силикатных форм химических мелиорантов / С.А. Ермолаев, Н.И. Шильников, Н.И. Аканова // Плодородие. – 2004. - № 2. – С. 13-16.

84. Ерышова О.В. Микроэлементы в почвах Красноярского края / О.В. Ерышова, Ю.П. Танделов // *Агрохимический вестник*. – 2004. - № 2. – С. 19 – 22.
85. Ефременко А.В. Динамика агрохимических показателей пахотных земель / А.В. Ефременко, О.И. Просяникова // *Агрохимический вестник*. – 1999. - № 4. – С. 7-9.
86. Жиленко С.В. Гумусное состояние черноземов – основа их высокого плодородия / С.В. Жиленко // *Агрохимия*. – 2010. - №12. – С. 63-71.
87. Жуков Ю.П. Баланс питательных веществ как прогнозно-экологический показатель плодородия почв и продуктивность культур / Ю.П. Жуков // *Агрохимия*. – 1996. - № 7. – С. 35-45.
88. Жуковский А.С. Система азотного питания в условиях юго-западной зоны ЦЧР / А.С. Жуковский, А.А. Хмельницкий // *Сахарная свекла*. - 2004. - № 6. – С. 31-32.
89. Зезюков Н.И. Воспроизводство плодородия черноземов и использование минеральных удобрений / Зезюков Н.И. // *Применение средств химизации и экологические проблемы в земледелии ЦЧЗ: сб. науч. тр.* - Воронеж, 1992. – С. 14-18.
90. Зезюков Н.И. Научные основы воспроизводства плодородия черноземов ЦЧЗ: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук. / Н.И. Зезюков. – Воронеж, 1993. – 36 с.
91. Зинурова Г.Н. Оптимизация фосфорного режима выщелоченных черноземов / Г.Н. Зинурова, Р.Н. Мафаззалова, Р.А. Миндибаев // *Эколого-агрохимические, технологические аспекты развития земледелия Среднего Поволжья и Урала*. – Казань, 1995. – С. 67-68.
92. Иванова Е.И. Влияние извести и минеральных удобрений на физико-химические свойства дерново-подзолистой суглинистой почвы и обеспеченность ее питательными веществами / Е.И. Иванова, В.М. Шорин // *Агрохимия*. - 1984. - № 4. – С. 67-74.

93. Кабата – Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас: Пер. с англ. – Москва: Мир, 1989. – 439 с.
94. Калий в земледелии ЦЧО / П.А. Чекмарев [и др.] // Питание растений. - 2011.- № 3. – С. 2-6.
95. Калимуллин Н.М. Роль агрохимической службы по сохранению плодородия почв в современных условиях / Н.М. Калимуллин, Р.М. Миннуллин // Агрохимический вестник. – 2009. - № 6. – С. 2-4.
96. Карпова Л.В. Влияние плотности агроценоза и удобрений на урожай подсолнечника / Л.В. Карпова // Зерновое хозяйство. – 2006. - № 6. – С. 22-23.
97. Карта почвенно-географического районирования СССР / под ред. Г.В. Добровольского. – Москва: Картография, 1983.
98. Касицкий Ю.И. Об оптимальном уровне обеспеченности почв СССР подвижным фосфором / Ю.И. Касицкий // Агрохимия. – 1979. - № 3. – С. 132-152.
99. Квасов В.А. Влияние удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / В.А. Квасов // Химизация сельского хозяйства. – 1992. – № 2. - С. 48-50.
100. Квасов В.А. Влияние удобрений на урожайность и качество сахарной свеклы / В.А. Квасов // Химизация сельского хозяйства. – 1992. - № 3. – С. 9-11.
101. Квасов В.А. Минеральные удобрения на озимой пшенице / В.А. Квасов // Химия в сельском хозяйстве. – 1997. - № 4. – С. 39-40.
102. Квасов В.А. Эффективность удобрений при возделывании кукурузы на силос / В.А. Квасов // Химизация сельского хозяйства. - 1991. - № 8. – С. 49-51.
103. Кедров-Зихман О.К. Научные основы известкования почв / О.К. Кедров-Зихман // Удобрение и урожай. – 1956. - № 5. – С. 9-19.
104. Климкина Е.В. Влияние уровней загрязнения чернозема выщелоченного тяжелыми металлами на продуктивность зернопаропропашного се-

вооборота: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Е.В. Климкина. – Воронеж, 2005. – 24 с.

105. Ковальский В.В. Микроэлементы в почвах СССР / В.В. Ковальский, Г.А. Андрианова. - Москва: Наука, 1970. – 180 с.

106. Кольцова О.М. Изменение активности ионов кальция и водорода в выщелоченном черноземе при известковании / О.М. Кольцова // Стабилизация развития АПК Центрального Черноземья на основе природно-ресурсного потенциала: тез. докл. науч.-практ. конф., посвящ. 150-летию В.В. Докучаева. – Воронеж, 1996. – С. 77-78.

107. Колягин Ю.С. Зависимость урожайности подсолнечника от доз минеральных удобрений и природных цеолитов / Ю.С. Колягин, О.Г. Смирнов // Аграрная наука. – 2008. - № 11. – С. 19-20.

108. Колягин Ю.С. Урожайность подсолнечника под влиянием нетрадиционных и минеральных удобрений / Ю.С. Колягин, А.В. Шереметов // Мировой опыт и перспективы развития сельского хозяйства: материалы международной конференции, посвященной 95-летию ФГОУ ВПО ВГАУ имени К.Д. Глинки. (23-24 октября 2007 года). Часть I. – Воронеж, 2008. – 260 с.

109. Комиссарова И.В. Параметры плодородия обыкновенных черноземов при разных уровнях интенсификации обработки / И.В. Комиссарова // Вестник Курганской ГСХА. – 2012. - № 3. – С. 33-36.

110. Коновалов Н.Д. Оптимизация доз удобрений / Н.Д. Коновалов, С.Н. Коновалов // Сахарная свекла. - 2003. - № 3. - С. 11-13.

111. Консультативное агрохимическое обслуживание в Российской Федерации. Итоги и перспективы (40 лет Агрохимической службе) / под ред. В.Г. Сычева. – Москва: ВНИИА, 2005. – 569 с.

112. Концепция развития агрохимии и агрохимического обслуживания сельского хозяйства Российской Федерации на период до 2010 года / под ред. Г.А. Романенко. – Москва: ВНИИА, 2005. – 80 с.

113. Копаева М.Т. Микроэлементы – марганец, цинк, медь и кобальт – в почвах Центрально-Черноземных областей и основные закономерности их

распространения: автореф. дис. ... канд. биол. наук / М.Т. Копаева. – Воронеж, 1971. – 24 с.

114. Кордуняну П.В. Удобрение и продуктивность подсолнечника / П.В. Кордуняну // Агрохимия. – 1988. - № 4. – С. 127-137.

115. Кореньков Д.А. Эффективность азотных удобрений важный фактор устойчивого земледелия / Д.А. Кореньков // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1982. - № 4. – С. 86-94.

116. Королев В.А. Изменение основных показателей плодородия выщелоченных черноземов под влиянием удобрений / В.А. Королев, Л.Д. Стахурлова // Почвоведение. – 2004. - № 5. – С. 604 – 611.

117. Корчагин В.И. Глаукониты и плодородие воронежских черноземов / В.И. Корчагин, В.Н. Романюк // Плодородие. – 2011.- № 4. – С. 42-44.

118. Корчагин В.И. Мониторинг кислотности почв пашни Воронежской области / В.И. Корчагин, Ю.А. Кошелев, Н.Г. Мязин // Значение и перспективы агрохимических исследований в повышении продуктивности земледелия: материалы научной конференции, 27-28 сентября 2011 г. / Донской ГАУ. – пос. Персиановский, 2011. – С. 26-30.

119. Косолапова А.В. Изменение плодородия выщелоченного чернозема в результате применения дефеката / А.В. Косолапова. А.Ф. Стулин // Химизация и экология в земледелии ЦЧЗ: сб. науч.тр. – Воронеж, 1999. – С. 79-86.

120. Костин С.И. Климат / С.И. Костин // Воронежская область. Природные условия. Ч. 1. - Воронеж, 1952. – 340 с.

121. Костин Я.В. Агрохимическая эффективность разных форм калийных удобрений / Я.В. Костин // Плодородие. – 2002. - № 2. – С. 23-24.

122. Котлярова О.Г. Баланс питательных веществ при возделывании озимой пшеницы с использованием средств химизации на черноземе типичном / О.Г. Котлярова, М.Н. Доманов // Агрохимия. – 2002. - № 5. – С. 12-16.

123. Кошелев Ю.А. Влияние агрохимических средств на плодородие чернозема выщелоченного и состояние тяжелых металлов в почве и растении-

ях: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. / Ю.А. Кошелев. – Воронеж, 2009. – 28 с.

124. Кошелев Ю.А. Влияние комплексного агрохимического окультуривания на изменения агрохимических показателей чернозема выщелоченного и продуктивность севооборота / Ю.А. Кошелев, Н.Г. Мязин // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы межрегиональной научно-практической конференции молодых ученых. – Воронеж, 2009. – Ч. II. – С. 150-157.

125. Краевский А.Н. Урожайность подсолнечника в зависимости от сроков и способов внесения минеральных удобрений / А.Н. Краевский, А.А. Карпенко // Технические культуры. – 1993. - № 3-4. – С. 5-6.

126. Крымова Е.А. Состояние пахотных почв Нижегородской области / Е.А. Крымова, О.Д. Шафронов // Агрохимический вестник. – 2010. - № 4. – С. 2-4.

127. Кубарева Л.С. Фосфорные удобрения / Л.С. Кубарева. – Москва: Россельхозиздат, 1976. – 24 с.

128. Кудашкин М.И. Учет содержания меди и марганца в агроландшафтах юга Нечерноземья / М.И. Кудашкин, М.М. Гераськин // Вестн. РАСХН. – 2008. – № 2. – С. 27–29.

129. Кулаковская Т.Н. Зависимость урожая растений от содержания в почве фосфатов / Т.Н. Кулаковская // Агрохимия. – 1965. - № 3. – С. 43-53.

130. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т.Н. Кулаковская. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 219 с.

131. Кураков В.И. Питательный режим почвы и продуктивность сахарной свеклы в зависимости от норм удобрений / В.И. Кураков, В.В. Ситникова // Научные основы интенсификации производства: сб. науч. тр. ВНИИС. – Воронеж, 1990. – С. 89-94.

132. Лабынцев А.В. Расход органического вещества под сельскохозяйственными культурами по зонам Ростовской области / А.В. Лабынцев, О.А. Целуйко // Плодородие. – 2012. - № 3. – С. 22-24.
133. Ладонин В.Ф. Сельское хозяйство в XXI веке, проблемы охраны окружающей среды и устойчивого развития. История развития агрохимических исследований в ВИУА / В.Ф. Ладонин, Н.З. Милащенко. – Москва: Агроконсалт, 2001. – С. 46-66.
134. Лазарев В.И. Динамика эффективного плодородия выщелоченного чернозема в разных агроэкосистемах в условиях Курской области / В.И. Лазарев // Агрохимия. – 1997. - № 6. – С. 5-9.
135. Лактионов Н.И. Агрономический смысл трансформации гумуса в пахотных черноземах / Н.И. Лактионов. – Харьков, 1981. – 53 с.
136. Лапа В.В. Влияние фосфорсодержащих удобрений на динамику фосфатов в дерново-подзолистой почве на потребление фосфора растениями ячменя / В.В. Лапа, О.Ф. Рыбик, А.А. Головач // Агрохимия. – 1996. - № 8-9. – С. 65-72.
137. Лебедева Л.А. Система применения удобрений в Нечерноземной зоне РСФСР / Л.А. Лебедева. – Москва: Изд-во МГУ, 1989. – 94 с.
138. Лицуков С.Д. Оптимальная доза азотного удобрения / С.Д. Лицуков // Сахарная свекла. – 2004. - № 6. – С. 32-33.
139. Личко Н.М. Продуктивность и качество зерна озимой пшеницы сорта Московская 39 в зависимости от уровня минерального питания в условиях ЦРНЗ / Н.М. Личко, С.Н. Коломиец // Зерновое хозяйство. – 2007. - № 7. – С. 12-14.
140. Лукин Л.Ю. Влияние систематического применения минеральных удобрений на урожайность и зимостойкость озимой пшеницы / Л.Ю. Лукин, А.Н. Косилова, С.О. Стрыгина // Вестник ВГАУ. – 1998. - № 1. – С. 54-67.

141. Лукин Л.Ю. Энергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы при разных уровнях минерального питания / Л.Ю. Лукин, А.Н. Косилова, Т.Ю. Евтушенко // *Агрохимия*. – 1996. - № 1. - С 16-19.
142. Лукин С.В. Влияние удобрений и погодных условий на урожайность кукурузы в Белгородской области / С.В. Лукин, В.П. Сушков // *Кукуруза и сорго*. – 2003. - № 6. - С. 6-8.
143. Лукин С.В. Влияние удобрений и погодных условий на урожайность сахарной свеклы в Белгородской области / С.В. Лукин, В.П. Сушков // *Сахарная свекла*. – 2004. - № 6. – С. 29-30.
144. Лукин С.В. Влияние удобрений на урожайность и качество корнеплодов / С.В. Лукин // *Сахарная свекла*. – 1993. - № 1. – С. 11-12.
145. Лукин С.В. Динамика содержания подвижных форм цинка и марганца в пахотных почвах Белгородской области / С.В. Лукин, П.М. Авраменко, С.В. Меленцова // *Агрохимия*. – 2006. - № 7. – С. 5-8.
146. Лукин С.В. Закономерности изменения содержания подвижного фосфора и обменного калия в почвах Белгородской области / С.В. Лукин, П.М. Авраменко // *Агрохимия*. – 2007. - № 6. – С. 22-26.
147. Лукин С.В. Мониторинг плодородия пахотных почв степной зоны Белгородской области / С.В. Лукин, О.С. Верютина, Н.И. Корнейко // *Земледелие*. – 2009. - № 7. – С. 14-15.
148. Лукин С.В. Результаты мониторинга плодородия почв государственного заповедника «Белогорье» / С.В. Лукин, В.Д. Соловиченко // *Достижения науки и техники АПК*. – 2008. - № 8. – С. 15-17.
149. Лукин С.В. Цинк в агроландшафтах Белгородской области / С.В. Лукин, П.М. Авраменко // *Агрохимический вестник*. – 2005. - № 5. – С. 4 – 5.
150. Лыков А.М. Страж плодородия: о значении органического вещества почвы в интенсивном земледелии / А.М. Лыков. – Москва: Московский рабочий, 1976. – 112 с.
151. Макаров Р.Ф. Удобрения и продуктивность кукурузы / Р.Ф. Макаров, В.В. Архипова // *Кукуруза и сорго*. -1997. - № 3. - С. 5-6.

152. Макарова А.И. Изменение гумусового и агрегатного состава дерново-подзолистых почв под влиянием систем удобрений / А.И. Макарова, Г.А. Романов, А.О. Рыбаков // *Агрохимический вестник*. – 2012. - № 1. – С. 30-31.

153. Малова А.В. Влияние длительного применения удобрений в севообороте на урожай культур и агрохимические показатели плодородия выщелоченного тяжелосуглинистого чернозема / А.В. Малова, А.В. Ивойлов, К.А. Костров // *Агрохимия*. – 1989. - № 12. – С. 12-16.

154. Масютенко Н.П. Антропогенная деградация гумусного состояния черноземов ЦЧЗ / Н.П. Масютенко // *Черноземы России: экологическое состояние и современные почвенные процессы: материалы Всероссийской конференции, посвященной 70 – летию кафедры почвоведения и агрохимии ВГУ* / под ред. Д.И. Щеглова. – Воронеж, 2006. – С. 55-59.

155. Мельникова М.Г. Влияние длительного применения удобрений на динамику подвижных форм фосфора и калия чернозема выщелоченного / М.Г. Мельникова, О.А. Минакова // *Плодородие*. - 2013. - № 2. – С. 5-7.

156. Мельцаев И.Г. Плодородие почвы – основа повышения урожая и его качества / И.Г. Мельцаев // *Плодородие*. – 2003. - № 4. – С. 30-31.

157. Мерзлая Г.Е. Действие и последствие систем удобрения с использованием навоза / Г.Е. Мерзлая, А.И. Еськов, С.И. Тарасов // *Плодородие*. – 2011. - № 3. – С. 16-19.

158. Мерзлая Г.Е. Эффективность навоза и минеральных удобрений при выращивании озимой пшеницы / Г.Е. Мерзлая, В.А. Гаврилова, Н.Л. Булыга // *Агрохимия*. – 1991. - № 4. – С. 35-39.

159. Методика отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного применения удобрений / В.Г. Сычев [и др.]. – Москва: ВНИИА, 2007. –36 с.

160. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий / М.А. Флоринский

[и др.]. – Москва: Центр научно-техн. информ., пропаганды и рекламы, 1994. – 96 с.

161. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / под ред. Л.М. Державина, Д.С. Булгакова. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

162. Методическое руководство по проектированию применения удобрений в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия / под ред. А.Л. Иванова, Л.М. Державина. – Москва: Минсельхоз РФ., РАСХН, 2008. – 392 с.

163. Микроэлементные пленкообразующие удобрения на лигнинной основе «МиБАС» и их эффективность в хозяйствах Нижегородской области / Е.А. Крылов [и др.] // Агрохимия. - 1994. – № 3. – С. 89.

164. Микроэлементы в почвах Республики Татарстан / Ш.А. Алиев [и др.] // Агрохимический вестник. – 2003. - № 6. – С. 13-14.

165. Микроэлементы в почвах Хакасии / И.С. Антонов [и др.] // Плодородие. – 2003. - № 6. – С. 7-9.

166. Микроэлементы и микроудобрения в подзолистой зоне Русской равнины / П.В. Маданов [и др.]. – Казань: Изд.-во. Казанск. ун-та., 1972. – 556 с.

167. Милащенко Н.З. Плодородие черноземов России / Н.З. Милащенко. - Москва: Агроконсалт, 1998. – 688 с.

168. Минакова О.А. Влияние минеральных удобрений на плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность культуры / О.А. Минакова, Л.В. Тамбовцева, А.И. Громовик // Сахарная свекла. – 2009. - № 5. – С. 14-17.

169. Минакова О.А. Система удобрения в зоне неустойчивого увлажнения ЦЧР / О.А. Минакова, Л.В. Александрова // Сахарная свекла. – 2010. - № 8. – С. 11-13.

170. Минакова О.А. Физико-химические свойства и питательный режим выщелоченного чернозема при длительном применении удобрений / О.А. Минакова, Е.В. Попов // Сахарная свекла. – 2005. - № 9. – С. 13-14.
171. Минеев В.Г. Агрохимия и экологические функции калия / В.Г. Минеев. – Москва: Изд-во МГУ, 1999. – 332 с.
172. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев. – Москва: Изд-во МГУ, 1990. – 486 с.
173. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник, 2-е изд., перераб. и доп. / В.Г. Минеев. – Москва: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. – 720 с.
174. Минеев В.Г. Оптимизация содержания подвижного фосфора в почве и продуктивность растений / В.Г. Минеев, Л.А. Лебедева // Вестник РАСХН. – 1995. - № 6. – С. 52-54.
175. Минеев В.Г. Удобрение озимой пшеницы / В.Г. Минеев. – Москва: Колос, 1973. – 206 с.
176. Минеев В.Г. Экологические функции агрохимии в современном земледелии / В.Г. Минеев // Агрохимия. – 2000. - № 5. – С. 5-19.
177. Мовсумов З.Р. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от доз минеральных удобрений / З.Р. Мовсумов, В.Ф. Кулиев // Агрохимия. – 2003. - № 9. – С. 42-46.
178. Молчанов И.Б. Роль удобрений в формировании урожайности корнеплодов / И.Б. Молчанов, А.И. Зинченко // Сахарная свекла. – 2005. – № 7. – С. 34-35.
179. Мониторинг агрохимических показателей почв юго-восточных и южных районов Воронежской области / М.А. Жабин [и др.] // Агрохимический вестник. – 2014. - № 2. – С. 4-7.
180. Мухина С.В. Влияние агрохимических факторов на продуктивность / С.В. Мухина, С.В. Супрун, Е.А. Балюнова // Сахарная свекла. – 2010. - № 6. – С. 18-23.

181. Мухина С.В. Воздействие агрохимических средств на плодородие почвы и продуктивность кукурузы / С.В. Мухина, В.В. Синягин, И.Н. Воробьева // Плодородие. – 2010. - № 2. – С. 27-28.

182. Мухина С.В. Динамика показателей чернозема обыкновенного под сахарной свеклой при различных системах удобрения / С.В. Мухина, С.В. Супрун, Е.А. Балюнова // Сахарная свекла. – 2010. - № 1. – С. 26-30.

183. Мухина С.В. Эффективность агрохимических средств на посевах сахарной свеклы в ЦЧР / С.В. Мухина, Н.В. Шамрай // Плодородие. – 2010. - № 1. – С. 26-27.

184. Мязин Н.Г. Агроэкологическое обоснование интенсивного применения агрохимических средств в севооборотах ЦЧЗ: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01, 06.01.04 / Н.Г. Мязин. – Воронеж, 1994. – 44 с.

185. Мязин Н.Г. Влияние доз удобрений, рассчитанных разными методами, на урожай и качество зерна озимой пшеницы / Н.Г. Мязин, Е.С. Гамазина // Агроэкологические проблемы в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. (в 2 частях). – Воронеж, 2005. – С. 93-97.

186. Мязин Н.Г. Влияние применения удобрений в севообороте на показатели почвенной кислотности и продуктивность озимой пшеницы при внесении удобрений / Н.Г. Мязин, С.Н. Милютин // Научные основы и пути рационального использования химических средств в современном земледелии: сб. науч. тр. / ВГАУ. - Воронеж, 1998. – С. 111-116.

187. Мязин Н.Г. Влияние применения удобрений и мелиорантов на показатели почвенного плодородия / Н.Г. Мязин // Агрохимия. – 1997. - № 2. – С. 26-30.

188. Мязин Н.Г. Влияние систематического применения удобрений и мелиорантов на гумусовое состояние чернозема выщелоченного / Н.Г. Мязин, Т.М. Парахневич // Агрохимия. – 2000. - № 9. – С. 11-18.

189. Мязин Н.Г. Влияние условий минерального питания на урожайность культур звена зернопропашного севооборота и плодородие чернозема типичного / Н.Г. Мязин, Р.А. Павлов // Научные основы повышения устойчи-

ности современного земледелия: сб. науч. тр. / ВГАУ. – Воронеж, 2002. – С. 48-57.

190. Мязин Н.Г. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного под озимой пшеницей при систематическом применении удобрений в севообороте / Н.Г. Мязин, С.Н. Милютин // Химизация и экология в земледелии ЦЧЗ: сб. науч. тр. / ВГАУ. – Воронеж, 1999. – С. 3-11.

191. Мязин Н.Г. Продуктивность севооборота и почвенное плодородие при интенсивном применении средств химизации / Н.Г. Мязин, Т.В. Ходунова // Научные основы и пути рационального использования химических средств в современном земледелии: сб. науч. тр. / ВГАУ. – Воронеж, 1998. – С. 56-63.

192. Мязин Н.Г. Система удобрения: учебное пособие / Н.Г. Мязин. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2009. – 350 с.

193. Мязин Н.Г. Удобрения и окружающая среда: учебное пособие / Н.Г. Мязин. – Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГАУ, 2015. – 159 с.

194. Небытов В.Г. Влияние известкования на агрохимические показатели чернозема выщелоченного, урожайность культур в севообороте при применении минеральных удобрений / В.Г. Небытов // Агрохимия. – 2004. – № 9. – С. 48-55.

195. Никитин В.В. Продуктивность свеклы в зависимости от удобрений / В.В. Никитин // Сахарная свекла. – 1985. – № 10. – С. 33-34.

196. Никитин В.В. Эффективность удобрений при оптимизации минерального питания сахарной свеклы в условиях ЦЧЗ / В.В. Никитин, В.З. Гетманский // Достижения науки и техники АПК. – 2003. – № 3. – С. 25-26.

197. Никитина Л.В. Калийный режим дерново-подзолистых почв на основе системного исследования информации длительных опытов / Л.В. Никитина, И.В. Володарская // Матер. Всеросс. научно-метод. конф. Географической сети опытов с удобрениями «Совершенствование организации и методологии агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями». – Москва, 2006. – С. 39-40.

198. Никульников И.М. Влияние системы удобрения и обработки почвы в севообороте на питательный режим чернозема выщелоченного и урожайность сахарной свеклы / И.М. Никульников, О.К. Боронтов, М.И. Никульников // *Агрохимия*. - 2005. - № 3. - С. 15-21.

199. Никульников И.М. Повышение плодородия черноземов / И.М. Никульников, О.К. Боронтов // *Земледелие*. – 2003. - № 5. – С. 30 – 31.

200. Носко Б.С. Калийный режим чернозема типичного и урожай сахарной свеклы при внесении калийных удобрений / Б.С. Носко, В.И. Бабынин // *Агрохимия*. – 1995. - № 11. – С. 15-25.

201. Общесоюзная инструкция по крупномасштабным почвенным и агрохимическим исследованиям территории колхозов и совхозов и по составлению почвенных карт территорий производственных колхозно-совхозных управлений: Утв. 26/II 1964 г. / М-во сел. хозяйства СССР. Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. Почв. ин-т им. В. В. Докучаева. - Москва: Колос, 1964. - 112 с.

202. Овсянников В.П. Свекловодство: учебное пособие / В.П. Овсянников, Ю.С. Колягин, В.М. Воронин. – Воронеж: ВГАУ, 2000. - С. 48-54.

203. Органическое вещество черноземов / В.И. Корчагин [и др.] / под ред. Ю.И. Житина. – Воронеж: Истоки, 2012. – 12 с.

204. Орел А.Н. Агрохимическое состояние почв Воронежской области / А.Н. Орел // *Научные основы и пути рационального использования химических средств в современной земледелии: сб. науч. тр.* – Воронеж, 1998. – С. 12-15.

205. Орел А.Н. Возвратим былую силу чернозему / А.Н. Орел, В.Н. Романюк, Н.И. Перегудов // *Агрохимический вестник*. - 2002. - № 5. – С. 33-34.

206. Орел А.Н. Калий в черноземах Воронежской области / А.Н. Орел, В.Н. Романюк // *Химия в сельском хозяйстве*. – 1996. - № 2. – С. 3-6.

207. Орлов В.П. Влияние известкования выщелоченного чернозема на подвижность фосфатов в почве и урожай растений / В.П. Орлов, Л.Д. Князева // *Агрохимия*. – 1980. - № 1. – С. 35-38.
208. Павлов Р.А. Агроэкологическое состояние чернозема типичного при многолетнем использовании удобрений в звене зернопаропропашного севооборота: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. / Р.А. Павлов. – Воронеж, 2004. – 23 с.
209. Пальчук Л.М. Влияние удобрений на урожай и качество семян подсолнечника / Л.М. Пальчук // *Агрохимия*. -1998. - № 8. - С. 10-15.
210. Панасин В.И. Особенности распространения микроэлементов в почвах Калининградской области / В.И. Панасин // *Агрохимический вестник*. – 2003. - № 6. – С. 8 – 11.
211. Панасин В.И. Распространение кобальта в почвах Калининградской области / В.И. Панасин, С.И. Новикова // *Агрохимический вестник*. – 2005. - № 5. – С. 6 – 8.
212. Панасов М.Н. Обеспечение бездефицитного баланса гумуса в Заволжье / М.Н. Панасов // *Плодородие*. – 2002. - № 3. – С. 31.
213. Панников В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – Москва: Колос, 1977. – 416 с.
214. Парахневич М.И. Мелиоративное влияние дефеката на плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур / М.И. Парахневич // *Проблемы экологии в сельском хозяйстве: тез. докл. к зональному семинару 5-6 марта 1990 г.* – Пенза, 1990. – С. 69-71.
215. Пейве Я.В. Агрохимия и биохимия микроэлементов. Избранные труды / Я.В. Пейве. – Москва: Наука, 1980. – 430 с.
216. Пейве Я.В. Биохимия почв / Я.В. Пейве. – Москва: Сельхозгиз, 1961. – 422 с.
217. Пестряков А.М. Урожайность кукурузы в зависимости от удобрений и агрофизического состояния почвы / А.М. Пестряков // *Кукуруза и сорго*. – 2002. - № 1. – С. 7-9.

218. Петелько А.И. Влияние окультуривания на агрохимические показатели / А.И. Петелько // Агрохимический вестник. – 2009.- № 6. – С. 8-9.
219. Петербургский А.В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии. – Москва: Наука, 1979. – 168 с.
220. Пильникова Н.В. Повышение эффективности применения ресурсосберегающих технологий точного земледелия: автореф. дис. ... канд. экономических наук: 08.00.05 / Н.В. Пильникова. – Красноярск, 2012. – 19 с.
221. Плодородие почвы и продуктивность кукурузы на силос при длительном применении удобрений / Г.А. Тибирькова [и др.] // Почвы Среднего Поволжья и Урала, теория и практика их использования и охраны: тез. докл. – Казань, 1991. - Ч.2. - С. 176-177.
222. Плодородие черноземов и продуктивность сахарной свеклы в результате антропогенеза / А.Н. Воронин [и др.] // Плодородие. – 2010. - № 1. – С. 34-35.
223. Подколзин А.И. Изменение плодородия каштановой почвы и накопление в ней тяжелых металлов и микроэлементов при длительном применении удобрений / А.И. Подколзин, Л.А. Лебедева, В.А. Сметанова // Докл. Рос. акад. с.-х. наук. – 2003. - № 3. – С. 22-23.
224. Подколзин В.В. География Воронежской области / В.В. Подколзин. – Воронеж, 1994. – 110 с.
225. Понедельченко М.Н. Эффективность калийных удобрений при оптимальной обеспеченности азотом и фосфором в зерносвекловичном севообороте на выщелоченном черноземе Центрально-Черноземной зоны: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / М.Н. Понедельченко. – Немчиновка, 1996. – 24 с.
226. Понятие об экономической эффективности и проблемы ее повышения в сельском хозяйстве. Показатели экономической эффективности производства сельскохозяйственной продукции: [megaobuchalka.ru]. - Режим доступа: <http://megaobuchalka.ru/6/32154.html>.

227. Попова Н.В. Оптимизация минерального питания озимой пшеницы и сахарной свеклы на выщелоченном черноземе Белгородской области при разных уровнях обеспеченности фосфором / Н.В. Попова, Н.С. Соколов // Параметры плодородия основных типов почв. – Москва: Агропромиздат, 1988. – С. 113-125.
228. Попович Л.П. Фосфатное состояние почв / Л.П. Попович // Почвоведение. – 1992. - № 11. – С. 24-35.
229. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин [и др.]; под ред. Б.А. Ягодина. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
230. Практикум по агрохимии: учебное пособие / В.Г. Минеев [и др.]; под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. – Москва: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
231. Придворев Н.И. Научные основы оптимизации содержания органического вещества в черноземе выщелоченном: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук / Н.И. Придворев. – Воронеж, 2002. – 46 с.
232. Прокошев В.В. Калий и калийные удобрения / В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин. – Москва: Ледум, 2000. – 185 с.
233. Прокошев В.Н. Известкование и эффективность калийных удобрений / В.Н. Прокошев // Вопросы известкования кислых почв / В.Н. Прокошев. – Горки, 1973. – Вып. 2. – С. 73-80.
234. Пронько В.В. Фосфатный режим черноземных и темнокаштановых почв Поволжья / В.В. Пронько // Плодородие. – 2010. - № 1. – С. 13-14.
235. Просяникова О.И. Концентрация микроэлементов в пахотных почвах Кемеровской области / О.И. Просяникова, В.И. Просяников // Агрохимический вестник. – 2012. - № 2. – С. 8-11.
236. Протасова Н.А. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Sr, Ba, B, I, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья / Н.А. Протасова, А.П. Щербаков. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2003. – 368 с.

237. Протасова Н.А. Редкие и рассеянные элементы в почвах Центрального Черноземья / Н.А. Протасова, А.П. Щербаков, М.Т. Копаева. – Воронеж: Изд.-во ВГУ, 1992. – 168 с.

238. Протасова Н.А. Формы соединений тяжелых металлов в черноземах Центрально-Черноземного региона / Н.А. Протасова, Н.С. Горбунова // Русский чернозем: юбилейный сборник научных работ / ФГОУ ВПО ВГАУ; [под науч. ред. В.Д. Иванова]. – Воронеж, 2007. – С. 54-61.

239. Прошкин В.А. Сравнительная эффективность минеральных удобрений на различных почвах / В.А. Прошкин, А.П. Смирнов // Агрохимия. – 1994. - № 5. – С. 35-36.

240. Прошкин В.А. Эффективность применения минеральных удобрений под озимую пшеницу на различных почвах Российской Федерации / В.А. Прошкин, Ю.С. Авдеев, А.П. Смирнов // Агрохимия. – 1997. - № 1. – С. 54-57.

241. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения / Д.Н. Прянишников. – Москва: Сельхозиздат, 1963. – 735 с.

242. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Том 1. Агрохимия / Д.Н. Прянишников. – Москва: Колос, 1965. – С. 519.

243. Пчелкин В.У. Почвенный калий и калийные удобрения / В.У. Пчелкин. – Москва: Колос, 1966. – 336 с.

244. Пыщева З.М. Влияние удобрений и густоты растений на продуктивность подсолнечника / З.М. Пыщева // Химизация сельского хозяйства. – 1988. - № 2. – 61-62.

245. Растениеводство Центрально-Черноземного региона: учеб. пособие / В.А. Федотов [и др.]; под ред. В.А. Федотова, В.В. Коломейченко. – Воронеж, 1998. – 464 с.

246. Ревенский В.А. Влияние минеральных и органических удобрений на урожайность зерновых культур и баланс биофильных элементов в каштановой почве сухостепной зоны Забайкалья / В.А. Ревенский // Агрохимия. – 2002. - № 2. – С. 25-31.

247. Рымарь В.Т. Изменение агрохимических показателей почвы за ротацию севооборота / В.Т. Рымарь, Г.П. Покудин, С.В. Мухина // Плодородие. – 2002. - № 3. – С. 25-26.
248. Рымарь С.В. Оптимизация системы удобрений и способов основной обработки для повышения урожайности корнеплодов / С.В. Рымарь, В.М. Гармашов // Сахарная свекла. – 2009. - № 5. – С. 6-7.
249. Ряховский А.В. Эффективность дробного внесения удобрений при возделывании озимой пшеницы на черноземах степных районов Южного Урала / А.В. Ряховский // Зерновые культуры. – 1999. - № 1. – С. 33-36.
250. Сахарная свекла (выращивание, уборка, хранение) / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Шпаара. – Москва:ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2006. – 315 с.
251. Свиридов С.С. Влияние минеральных удобрений на продуктивность гибридов разной ploидности / С.С. Свиридов, Н.П. Грибанова / Сахарная свекла. – 2009. - № 10. – С. 27-28.
252. Слобникова О.В. Фосфорные удобрения и урожай / О.В. Слобникова. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 96 с.
253. Симакин А.И. Удобрение, плодородие почв и урожай / А.И. Симакин. – Краснодар, 1988. – 269 с.
254. Сискевич Ю.И. Мониторинг кислотности сельхозугодий Липецкой области / Ю.И. Сискевич // Плодородие. – 2007. - № 1. – С. 4-5.
255. Система удобрения, продуктивность культур и плодородие чернозема выщелоченного / А.В. Дедов [и др.] // Агрохимия. - 2004.- № 5. – С. 36-46.
256. Сладких А.Ф. Природное питание и урожайность / А.Ф. Сладких, О.А. Карасев // Сахарная свёкла. – 2000. - № 7. - С. 15-16.
257. Смирнова Л.Г. Влияние удобрений на урожайность озимой пшеницы на выщелоченном эродированном черноземе / Л.Г. Смирнова // Зерновое хозяйство. - 2006. - № 4. – С. 23-24.

258. Смык А.В. Научные основы управления плодородием почв Центрально-Черноземной зоны России / А.В. Смык. – Москва: Колос, 2000. – 152 с.
259. Соболева Е.А. Влияние доз удобрений на урожайность и качество подсолнечника в условиях ЦЧР / Е.А. Соболева, А.Л. Лукин, В.В. Котов // Вестник ВГАУ. – 2011. - № 1. – С. 27-30.
260. Совершенствование приемов применения азотных удобрений при возделывании озимой пшеницы / В.Н. Гармашов [и др.] // Агрохимия. - 1993. - № 1. – С. 3-11.
261. Содержание питательных веществ в почвах Липецкой области при длительном применении удобрений / В.А. Квасов [и др.] // Агрохимический вестник. - 1998. - № 5-6. – С. 12.
262. Созинов А.А. Озимая твердая пшеница – ценное сырье для пищевой промышленности / А.А. Созинов, И.Г. Павлович, О.Л. Шкуратова // Селекция и семеноводство. – 1962. - № 6. – С. 38-40.
263. Сокаев К.Е. Урожайность кукурузы в зависимости от плодородия и применения минеральных удобрений в предгорьях центрального Кавказа / К.Е. Сокаев // Агрохимический вестник. - 2010. - № 5. – С.18-20.
264. Сокорев Н.С. Удобрения и урожайность сахарной свеклы / Н.С. Сокорев, Н.К. Шаповалов // Химизация сельского хозяйства. – 1990. - № 11. – С. 36 – 39.
265. Соловиченко В.Д. Действие удобрений на пищевой режим почвы и продуктивность сахарной свеклы в условиях Белгородской области / В.Д. Соловиченко // Сахарная свекла. - 2007. - № 5. - С. 23-26.
266. Стокозов И.П. Динамика содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах ЦЧР при различной интенсивности применения удобрений / И.П. Стокозов, С.А. Шафран // Черноземы России: экологическое состояние и современные почвенные процессы: материалы Всероссийской конференции, посвященной 70 – летию кафедры почвоведения и агрохимии ВГУ / под ред. Д.И. Щеглова. – Воронеж, 2006. – С. 181-184.

267. Столповский Ю.И. Влияние применения удобрений на азотный режим чернозема выщелоченного и продуктивность сахарной свеклы / Ю.И. Столповский // Химизация и экология в ЦЧЗ. – Воронеж, 1999. – С. 12-20.

268. Столповский Ю.И. Влияние удобрений и мелиорантов на изменение агрохимических показателей почвы и продуктивность сахарной свеклы на выщелоченном черноземе / Ю.И. Столповский, А.В. Фоменко // Актуальные направления стабилизации и развития сельскохозяйственного производства: тез. докл. XLVII студенческой науч. конф. - Воронеж, 1996. - С. 41-42.

269. Столповский Ю.И. Длительность последействия мелиорантов в условиях стационарного опыта с удобрениями на черноземе выщелоченном лесостепи ЦЧЗ / Ю.И. Столповский // Научные основы и пути рационального использования химических средств в современном земледелии: сб. науч. тр. / ВГАУ. – Воронеж, 1998. – С. 48 – 55.

270. Столповский Ю.И. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного и урожайности сахарной свеклы при систематическом применении удобрений и мелиорантов / Ю.И. Столповский, С.В. Харченко // Агроэкологические проблемы в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. (в 2 частях). – Воронеж, 2005. – С. 46-51.

271. Столповский Ю.И. Методы определения норм удобрений и продуктивность сахарной свеклы на черноземе выщелоченном / Ю.И. Столповский, Н.Г. Мязин, А.Н. Храпонова // Применение средств химизации и экологические проблемы в земледелии ЦЧЗ: сб. науч. тр. – Воронеж. – 1992. – С. 35-40.

272. Столповский Ю.И. Микроэлементы и микроудобрения: учебное пособие / Ю.И. Столповский. – Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГАУ, 2015. – 171 с.

273. Стулин А.Ф. Влияние видов удобрений на урожайность кукурузы в условиях Воронежской области / А.Ф. Стулин // Кукуруза и сорго. – 2012. - № 1. – С. 19-24.

274. Стулин А.Ф. Влияние длительного применения удобрений в бесменном посеве кукурузы на ее продуктивность и вынос элементов питания

на черноземе выщелоченном / А.Ф. Стулин // Агрохимия. – 2007. - № 1. – С. 25-30.

275. Стулин А.Ф. Влияние удобрений при систематическом внесении их в севообороте и монокультуре на урожай зеленой массы кукурузы / А.Ф. Стулин // Кукуруза и сорго. – 2007. - № 4. – С. 7-8.

276. Стулин А.Ф. Дозы навоза, периодичность внесения и урожай / А.Ф. Стулин // Кукуруза и сорго. – 1985. - № 1. – С. 30-31.

277. Ступаков А.Г. Калийные удобрения на западе ЦЧР / А.Г. Ступаков // Сахарная свекла. - 2000. - № 11. - С. 15-16.

278. Сулима А.Ф. Изменение плодородия черноземов при длительном сельскохозяйственном использовании / А.Ф. Сулима // Состояние черноземов и пути повышения их плодородия. - Каменная Степь, 1986. – С. 60-62.

279. Сычев В.Г. Тенденции изменения агрохимических показателей плодородия почв Европейской части России / В.Г. Сычев. – Москва: ЦИНАО, 2000. – 187 с.

280. Тенденции земледелия и баланс элементов питания в Ростовской области за 1991-2002 гг. / Е.В. Агафонов [и др.] // Плодородие. - 2002. - № 5. – С. 2-3.

281. Технологический регламент по применению удобрений под сахарную свеклу в ЦЧЗ. – Москва: ЦНТИ. 1992. – 25 с.

282. Тибирькова Г.А. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и урожайность надземной массы кукурузы по ротациям севооборота / Г.А. Тибирькова, Н.Л. Плескова, Л.П. Крутских // Агрохимия. – 1994. - № 1. – С. 44-50.

283. Тибирькова Г.А. Отзывчивость кукурузы на силос на отдельные элементы питания и органические удобрения при их систематическом внесении в севообороте / Г.А. Тибирькова // Научные основы и пути рационального использования химических средств в современной земледелии: сб. науч. тр. / ВГАУ. - Воронеж, 1998. – С. 21-28.

284. Тихонов А.А. Оценка эффективности припосевного внесения фосфорсодержащих минеральных удобрений под озимую пшеницу / А.А. Тихонов // Плодородие. – 2010. - № 3. – С. 10-11.

285. Точное сельское хозяйство (PRECISION AGRICULTURE): учеб.-практ. пособие по точному земледелию / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара., А.В. Захарченко., В.П. Якушева. - СПб.: Пушкин, 2009. – 396 с.

286. Турчин В.В. Проблемы почвенной диагностики калийного питания растений на черноземных почвах / В.В. Турчин // Значение и перспективы агрохимических исследований в повышении продуктивности земледелия: материалы научной конференции, 27-28 сентября 2011 г. / Донской ГАУ. – пос. Персиановский, 2011. – С. 82-84.

287. Тюмаков А.Ю. Внедрение и освоение технологии точного земледелия в полевом опыте / А.Ю. Тюмаков, У.М. Сабо, А.И. Беленков // Агрохимический вестник. – 2014. - № 4. – С. 2-8.

288. Тяжелые металлы в системе почва – растение - удобрение / под общ. ред. М.М. Овчаренко. - Москва, 1997. – 290 с.

289. Удобрения сахарной свеклы при интенсивной технологии возделывания / Рекомендации. – Москва: Центр научно-технической информации, пропаганды и рекламы, 1988. – 6 с.

290. Усовершенствованные теоретические и практические основы формирования пространственно-дифференцированных технологий точного земледелия / Г.Н. Черкасов [и др.]. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2010. - 65 с.

291. Филон И.И. Содержание калия в черноземе типичном и темно-серой лесной почве при их сельскохозяйственном освоении и длительном применении удобрений / И.И. Филон, И.А. Шеларь // Агрохимия. – 1999. - № 1. – С. 21-27.

292. Филон И.И. Содержание различных форм калия в черноземе при длительном применении удобрений / И.И. Филон // Вісн аграр. науки. – 1996. - № 9. – С. 17-18, 85, 87.

293. Фирсов С.А. Состояние плодородия почв Тверской области / С.А. Фирсов // *Агрохимический вестник*. – 2011. - № 5. – С. 30-32.
294. Халецкий А.В. Агроэкологическая оценка сортов и гибридов подсолнечника / А.В. Халецкий // *Ресурсосберегающие технологии в сельском производстве и технические средства их реализации: материалы межрегиональной научно-практической конференции*. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2009. – С. 56.
295. Хамуков В.Б. Проблемы бездефицитного баланса гумуса в почве / В.Б. Хамуков, Н.Н. Евтушенко // *Химия в сельском хозяйстве*. – 1996. - № 2. – С. 7-8.
296. Хачидзе А.С. Влияние технологии возделывания зерновых культур селекции НИИСХ ЦРНЗ на качество урожая / А.С. Хачидзе, М.Г. Мамедов // *Агрохимический вестник*. – 2009. - № 4. – С.35-37.
297. Цирулев А. Пространственная неоднородность показателей почвенного плодородия и эффективность дифференцированного применения удобрений в Самарском Заволжье / А. Цирулев // *Питание растений*. – 2011. - № 1. – С. 6-9.
298. Цыганюк В.Д. Прогноз формирования запаса подвижного фосфора в черноземах / В.Д. Цыганюк // *Агрохимия*. – 1990. - № 3. – С. 12-20.
299. Чекмарев П.А. Освоение элементов точного земледелия в практической агрохимии Республики Татарстан / П.А. Чекмарев, А.А. Лукманов // *Достижения науки и техники АПК*. – 2011. - № 3. – С. 3-4.
300. Чекмарев П.А. Результаты производства сахарной свеклы в 2009 году и приоритетные задачи развития свеклосахарной отрасли / П.А. Чекмарев // *Сахарная свекла*. – 2010. - № 1. – С. 2-4.
301. Черкасова Л.П. Состояние калийного режима почвы и его изменение при систематическом использовании удобрений в севообороте: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Л.П. Черкасова. – Москва, 1991. – 24 с.
302. Чумаченко И.Н. Аспекты исследований фосфатного режима почв и оптимизации эффективности фосфорных удобрений / И.Н. Чумаченко //

Совершенствование методологии исследований фосфатного режима почв, оптимизация фосфатного питания растений и баланс фосфора в агроэкосистемах. – Москва: ВНИПТИХИМ, 1999. – С. 23-49.

303. Шакиров В.З. Динамика содержания и баланс гумуса в почвах Республики Татарстан / В.З. Шакиров, С.Ш. Нуриев, А.А. Лукманов // Агрохимический вестник. – 2006. - № 3. – С. 27-28.

304. Швейкина Р.В. Влияние кремниевых удобрений на подвижность фосфат-ионов в почве / Р.В. Швейкина // Повышение эффективности применения удобрений. – Пермь, 1986. – С. 77-79.

305. Шевченко Г.А. Гумусное состояние почв ЦЧО / Г.А. Шевченко, А.П. Щербаков // Почвоведение. – 1984. - № 8. – С. 50-57.

306. Шильников И.А. Вопросы известкования почв в современных условиях / И.А. Шильников, Н.И. Аканова // Плодородие. – 2011. - № 3. – С. 22-24.

307. Шильников И.А. Известкование почв / И.А. Шильников, Л.А. Лебедева // Всесоюзная акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 171 с.

308. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений / М.Я. Школьник. – Л.: Наука, 1974. – 324 с.

309. Шпаар Д. Производство грубых кормов / под ред. Д. Шпаара. – Торжок, ООО «Вариант», 2002. – 374 с.

310. Шустикова Е.П. Эффективность длительного использования минеральных удобрений на черноземе обыкновенном / Е.П. Шустикова, Н.Н. Шаповалова, Е.В. Богатырева // Земледелие. – 2012. - № 3. – С. 13-16.

311. Щеглов Д.И. Черноземы Центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. – Москва: Наука, 1995. - 214 с.

312. Щербаков А.П. Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ / А.П. Щербаков, И.Д. Рудай. – Москва: Колос, 1983. – 189 с.

313. Щукина В.В. Влияние минеральных удобрений на урожай кукурузы на силос / В.В. Щукина // Тр. СНИИСХ. – 1982. – С. 77-79.
314. Экономика сельского хозяйства: учебник / под общ. ред. Г.А. Петраневой. – Москва: Альфа-М: ИНФРА-М, 2012. – 288 с.
315. Энергетическая оценка систем удобрений / В.Т. Рымарь [и др.] // Сахарная свекла. - 2009. - № 10. – С. 24-26.
316. Юхин И.П. Влияние длительного применения удобрений в севообороте на продуктивность сахарной свеклы и плодородие почвы на Южном Урале / И.П. Юхин // Агрохимия. 2000. - № 11. – С. 51-58.
317. Якушев В.П. Информационное обеспечение точного земледелия / В.П. Якушев, В.В. Якушев. – Санкт-Петербург: Изд-во ПИЯФ РАН, 2007. – 384 с.
318. Якушев В.П. На пути к точному земледелию / В.П. Якушев. – СПб: Изд-во ПИЯФ РАН, 2002. – 458 с.
319. Яценко В.Г. Возделывание сахарной свеклы в РСФСР / В.Г. Яценко. – Москва: Россельхозиздат, 1972. – 232 с.
320. Bolton J. Changes in magnesium and calcium in Soils of the Bread-balk wheat experiment at Rothamsted from 1865 to 1966 / J. Bolton // The journal of Agricultural. - 1972, 79. - № 2. - P. 217-223.
321. John M.K. Relationship between extractable phosphate and forms of phosphorus and other soil properties / M.K. John // J. Sci. Food and Agr. – 23. – 1972. – P. 12.
322. Jones G.D. Field of wheat and soybeans and oil and protein content of soybean as affected by fertility treatments and deep placement of limestone / G.D. Jones, J.Ajr. Guts // Agron. J.- 1971. – V. 63. - № 6. – P. 931-934.
323. Kohnlein I. Die Nährstoffauswaschung aus der Ackerkrume in der Unterboden und ihr Einfluss auf die Nährstoffbilanz / I. Kohnlein, H. Weichbrodt // Zeitschrift für Acker und Pflanzenbau. - 1971, 134. - № 1. - S. 50-82.

324. Lewis D.C. Factors effectivly the retention of phosphorus applied as superphosphate to sandy soils in Southern South Australia / D.C. Lewis, A.L. Clarke, W.B. Hall // *Austral. J. Soil Res.* – 1981. – V. 19. № 2. – P. 167-174.
325. Lim K.L. Lime and P-applications and their residual effects on corn yields / K.L. Lim, T.C. Shen // *Agron. J.* – 1978. – V. 70. - № 6. – P. 927-932.
326. Mac. Lean A.J. Influence of addition of lime to soils on the availability of potassium and other cations for alfalfa / A.J. Mac. Lean // *Can. J. Of Agr. Sci.* – 1956. – V. 36. - № 3. – P. – 213-220.
327. Mitchell R.L. Trace elements in soils / R.L. Mitchell // *Chemistry of the Soil*. In Bear F.E. (ed.). New-York, 1964. – P. 109-124.
328. Ryan J. Liming in relation to soil acidity and P-fertilizer efficiency / J. Ryan, G.W. Smillie // *Communic. In Soil Sci. Plant Analysis.* – 1975. – V. 6. - № 4. – P. 409-419.
329. Underwood. E.J. Trace Elements in Human and Animal nutrition / E.J. Underwood. – New York.: Acad. Press, 1971. – P. 56-108.
330. Vickers J.C. Effects of pH and Al on the growth and chemical composition of cicor milkvetch / J.C. Vickers, J.M. Zak, S.Q. Odurukwe // *Agron. J.* – 1977. – V. 69. - № 3. – P. 511-513.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А – Поступление НРК с минеральными и органическими удобрениями, кг д.в./га в пашню Воронежской области

Гур	Годы	Минеральные			Итого	Органические			Итого	Всего
		Н	Р	К		Н	Р	К		
II	1976	28,2	16,7	19,3		13,4	6,7	16,0		100,3
	1977	25,0	15,1	21,7		9,1	4,5	10,9		86,3
	1978	28,2	16,3	22,6		12,2	6,1	14,6		100,0
Среднее		27,1	16,0	21,2	64,3	11,6	5,8	13,8	31,2	95,5
III	1979	24,2	16,1	23,7		11,7	5,8	14,0		95,5
	1980	30,2	18,3	25,4		13,6	6,8	16,3		110,6
	1981	32,6	18,2	19,7		13,9	7,0	16,7		108,1
	1982	33,3	18,0	20,3		15,3	7,6	18,3		112,8
	1983	37,5	18,1	19,8		17,7	8,9	21,2		123,2
	1984	46,3	22,0	25,4		19,2	9,6	23,0		145,5
1985	42,1	20,9	22,3		17,0	8,5	20,4		131,2	
Среднее		35,2	18,8	22,4	76,4	15,5	7,7	18,6	41,8	118,2
IV	1986	47,4	25,8	23,1		14,5	7,3	17,4		135,5
	1987	54,2	36,4	27,6		17,0	8,5	20,4		164,1
	1988	96,2	31,5	1,7		18,5	9,3	22,2		179,4
	1989	57,9	38,3	31,8		17,0	8,5	20,4		173,9
	1990	53,3	42,5	26,1		18,5	9,3	22,2		171,9
Среднее		61,8	34,9	22,1	118,8	17,1	8,6	20,5	46,2	165,0
V	1991	43,6	38,6	21,2		16,0	8,0	19,2		146,6
	1992	38,6	38,3	27,4		15,5	7,8	18,6		146,2
	1993	19,8	11,1	5,2		16,0	8,0	19,2		79,3
	1994	14,1	7,0	2,2		13,5	6,8	16,2		59,8
	1995	12,8	5,9	0,5		10,5	5,3	12,6		47,6
Среднее		25,8	20,2	11,3	57,3	14,3	7,2	17,2	38,7	96,0
VI	1996	12,4	4,5	1,1		8,5	4,3	10,2		41,0
	1997	12,1	4,2	0,9		8,5	4,3	10,2		40,2
	1998	12,2	3,9	1,9		10,5	5,3	12,6		46,4
	1999	12,8	3,5	2,9		7,0	3,5	8,4		38,1
	2000	17,2	3,9	3,5		8,5	4,3	10,2		47,6
Среднее		13,3	4,0	2,1	19,4	8,6	4,3	10,3	23,2	42,6
VII	2001	17,6	5,2	3,8		6,5	3,3	7,8		44,2
	2002	18,2	6,5	5,3		7,0	3,5	8,4		48,9
	2003	17,8	7,2	6,6		9,0	4,5	10,8		55,9
	2004	17,5	7,2	5,9		8,2	3,5	8,4		50,7
	2005	16,4	6,6	5,1		4,0	2,9	7,0		42,0
Среднее		17,5	6,5	5,3	29,3	6,9	3,5	8,5	18,9	48,2
VIII	2006	17,2	7,7	7,2		4,5	2,3	5,4		44,3
	2007	22,8	10,7	11,2		5,5	2,8	6,6		59,6
	2008	33,7	11,8	11,2		6,1	3,0	7,3		73,1
	2009	36,2	11,3	11,9		8,7	4,4	10,4		82,9
	2010	36,9	12,7	13,1		7,0	3,5	8,4		81,6
Среднее		29,4	10,8	10,9	51,1	6,4	3,2	7,6	17,2	68,3

Приложение Б 1 - Агрохимическая характеристика почв пашни по содержанию подвижного фосфора по турам в Воронежской области

Обследованная площадь, тыс. га	Содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы												Средне-взвешенное содержание, мг/кг
	очень низкое		низкое		среднее		повышенное		высокое		очень высокое		
	<20	%	21-50	%	51-100	%	101-150	%	151-200	%	>200	%	
I тур (1964-1970 гг.)													
3122,7	109,4	3,5	665,7	21,3	1828,0	58,5	426,4	13,7	49,5	1,6	43,7	1,4	74
II тур (1971-1978 гг.)													
3133,4	130,2	4,2	606,1	19,4	1829,9	58,4	446,0	14,2	67,1	2,1	54,1	1,7	76
III тур (1979-1985 гг.)													
3105,8	102,4	3,3	539,9	17,4	1676,2	53,9	570,6	18,4	157,2	5,1	59,5	1,9	78
IV тур (1986-1990 гг.)													
3100,4	48,1	1,6	364,0	11,7	1509,6	48,7	812,9	26,2	267,5	8,6	98,3	3,2	95
V тур (1991-1995 гг.)													
2647,0	18,4	0,7	217,1	8,2	959,7	36,2	928,3	35,1	428,3	16,2	95,2	3,6	109
VI тур (1996-2000 гг.)													
2734,4	20,4	0,8	380,2	13,9	1241,6	45,4	752,3	27,5	274,0	10,0	65,9	2,4	96
VII тур (2001-2005 гг.)													
2386,2	21,3	0,9	391,3	16,4	1157,8	48,5	603,2	25,3	177,2	7,4	35,4	1,5	90
VIII тур (2006-2010 гг.)													
1976,7	18,9	1,0	178,9	9,1	1001,0	50,6	634,8	32,1	121,8	6,2	21,3	1,0	94

Приложение Б 2 - Агрохимическая характеристика почв пашни по содержанию обменного калия по турам в Воронежской области

Обследованная площадь, тыс. га	Содержание обменного калия, мг/кг почвы												Средне-взвешенное содержание, мг/кг
	очень низкое		низкое		среднее		повышенное		высокое		очень высокое		
	<20	%	21-40	%	41-80	%	81-120	%	121-180	%	>180	%	
I тур (1964-1970 гг.)													
3122,7	8,8	0,3	90,3	2,9	313,0	10,0	657,5	21,1	1183,7	37,9	869,4	27,8	115
II тур (1971-1978 гг.)													
3133,4	0,6	0,1	28,8	0,9	373,4	11,9	1328,0	42,4	1131,3	36,1	271,3	8,6	120
III тур (1979-1985 гг.)													
3105,8	1,0	0,1	10,0	0,3	265,1	8,5	1254,5	40,4	1266,5	40,8	308,7	9,9	122
IV тур (1986-1990 гг.)													
3100,4	0,5	0,1	18,1	0,5	291,1	9,4	1172,3	37,8	1376,4	44,4	242,0	7,8	124
V тур (1991-1995 гг.)													
2647,0	0,8	0,1	14,9	0,5	250,7	9,5	813,4	30,7	1289,7	48,7	277,5	10,5	128
VI тур (1996-2000 гг.)													
2734,4	0,5	0,1	17,9	0,6	233,4	8,5	873,9	32,0	1375,5	50,3	233,2	8,5	128
VII тур (2001-2005 гг.)													
2386,2	2,8	0,1	16,7	0,7	255,9	10,7	773,6	32,4	1111,5	46,6	225,7	9,5	127
VIII тур (2006-2010 гг.)													
1976,7	0,3	0,1	18,2	0,9	222,7	11,3	731,8	37,0	868,9	43,9	134,8	6,8	123

Приложение Б 3 - Агрохимическая характеристика почв пашни по содержанию гумуса по турам в Воронежской области

Обследованная площадь, тыс. га	Содержание гумуса в (%) по Тюрину										Средневзвешенное содержание, %
	очень слабогумусированное		слабогумусированное		малогумусное		среднегумусное		тучное		
	<2,0	%	2,1-4,0	%	4,1-6,0	%	6,1-9,0	%	>9,0	%	
I-II туры (1964-1978 гг.)											
3040,6	28,3	0,9	375,3	12,3	1145,5	37,7	1346,0	44,3	145,5	4,8	5,63
III (1979-1985 гг.)											
3085,9	17,0	0,6	399,5	12,9	1079,6	35,0	1308,7	42,4	281,1	9,1	5,63
IV тур (1986-1990 гг.)											
3100,4	52,7	1,7	396,1	12,8	1312,0	42,3	1321,2	42,6	18,4	0,6	5,67
V тур (1991-1995 гг.)											
2647,0	35,4	1,3	366,8	13,9	1223,1	46,2	1013,1	38,3	8,6	0,3	5,64
VI тур (1996-2000 гг.)											
2734,4	30,1	1,1	339,5	12,4	1242,4	45,4	1121,9	41,0	0,5	0,1	5,65
VII тур (2001-2005 гг.)											
2386,2	20,4	0,9	285,4	12,0	1072,0	44,9	1008,4	42,2	-	-	5,61
VIII тур (2006-2010 гг.)											
1976,7	9,6	0,5	198,5	10,0	923,9	46,8	844,7	42,7	-	-	5,65

Приложение Б 4 - Агрехимическая характеристика почв пашни по степени кислотности по турам в Воронежской области

Обсле- дован- ная пло- щадь, тыс. га	Группировка почв по обменной кислотности												Итого кислых почв, тыс. га	% от обслед. площа- ди
	очень сильно- кислые ≤ 4,0	%	сильнокислые 4,1-4,5	%	среднекислые 4,6-5,0	%	слабокислые 5,1-5,5	%	близкие к ней- тральным 5,6-6,0	%	нейтральные >6,0	%		
III тур (1979-1985 гг.)														
3111,4	0,7	0,1	5,3	0,1	112,7	3,6	608,3	19,6	803,1	25,8	1581,3	50,8	727,0	23,4
IV тур (1986-1990 гг.)														
3100,4	1,9	0,1	16,5	0,5	171,0	5,5	672,1	21,7	807,4	26,0	1431,5	46,2	861,5	27,8
V тур (1991-1995 гг.)														
2647,0	2,0	0,1	14,6	0,6	139,0	5,2	582,1	22,0	760,3	28,7	1149,0	43,4	737,7	27,9
VI тур (1996-2000 гг.)														
2734,4	-	-	9,4	0,3	160,0	5,9	594,2	21,7	766,2	28,0	1204,6	44,1	763,6	27,9
VII тур (2001-2005 гг.)														
2386,2	-	-	6,4	0,2	128,7	5,4	510,6	21,4	684,0	28,7	1056,5	44,3	645,7	27,0
VIII тур (2006-2010 гг.)														
1976,7	-	-	4,4	0,2	108,4	5,5	463,6	23,5	575,3	29,1	825,0	41,7	576,4	29,2

Приложение В – Внесение органических удобрений в пашню Воронежской области с 1976 по 2010 г.

Тур	Годы	Т/га под урожай
II	1976	2,67
	1977	1,81
	1978	2,44
Среднее		2,3
III	1979	2,33
	1980	2,72
	1981	2,78
	1982	3,05
	1983	3,54
	1984	3,84
	1985	3,11
Среднее		3,1
IV	1986	2,90
	1987	3,40
	1988	3,70
	1989	3,40
	1990	3,70
Среднее		3,4
V	1991	3,48
	1992	3,08
	1993	3,22
	1994	2,70
	1995	2,15
Среднее		2,9
VI	1996	1,67
	1997	1,65
	1998	2,18
	1999	1,42
	2000	1,67
Среднее		1,7
VII	2001	1,21
	2002	1,47
	2003	1,89
	2004	1,62
	2005	0,77
Среднее		1,4
VIII	2006	1,10
	2007	1,29
	2008	1,71
	2009	1,80
	2010	1,40
Среднее		1,4

Приложение Г – Известкование кислых почв в хозяйствах Воронежской области с 1981 по 2010 г.

Гур	Годы	Тыс. га	Тонн
III	1981	1,0	12000
	1982	3,4	44200
	1983	5,3	63600
	1984	5,9	76700
	1985	9,0	108000
Среднее		4,9	60900
IV	1986	4,1	83310
	1987	6,5	85005
	1988	15,1	225860
	1989	20,9	316062
	1990	19,7	227807
Среднее		13,3	187608,8
V	1991	17,3	197585
	1992	24,2	363162
	1993	8,1	124851
	1994	1,6	24959
	1995	1,1	24709
Среднее		10,5	147053,2
VI	1996	1,1	12987
	1997	0,5	8225
	1998	0,1	1425
	1999	0,3	3129
	2000	0,1	1280,2
Среднее		0,4	5409,2
VII	2001	0,2	2159
	2002	2,1	39330
	2003	3,4	72636
	2004	3,2	59306
	2005	1,4	8019
Среднее		2,1	36290
VIII	2006	6,2	73549
	2007	9,9	101500
	2008	13,3	127200
	2009	18,9	164700
	2010	19,5	175900
Среднее		13,6	128569,8

Приложение Д – Баланс питательных веществ в пашне Воронежской области
за 1979 - 2010 гг.

Тур	Годы	Баланс питательных веществ			
		Всего кг д.в./га пашни	В том числе		
			N	P	K
III	1979	-19	-9	-6	-4
	1980	-60	-27	-12	-21
	1981	-26	-9	-7	-10
	1982	-47	-18	-10	-19
	1983	-11	-6	7	-12
	1984	-32	-13	-8	-11
	1985	-44	-14	-10	-20
Среднее		-34	-14	-6	-14
IV	1986	45	19	19	7
	1987	34	11	26	-3
	1988	13	-1	25	-11
	1989	-12	-10	21	-23
	1990	70	26	37	7
Среднее		30	9	26	-5
V	1991	13	-1	27	-13
	1992	-29	-19	15	-25
	1993	-91	-42	-3	-46
	1994	-108	-50	-4	-54
	1995	-75	-30	-9	-36
Среднее		-58	-28	5	-35
VI	1996	-83	-36	-9	-38
	1997	-80	-33	-10	-37
	1998	-54	-20	-10	-24
	1999	-73	-30	-12	-31
	2000	-54	-19	-9	-26
Среднее		-69	-28	-10	-31
VII	2001	-78	-32	-12	-34
	2002	-92	-35	-17	-40
	2003	-76	-32	-10	-34
	2004	-89	-39	-10	-40
	2005	-115	-51	-14	-50
Среднее		-90	-38	-13	-39
VIII	2006	-83	-34	-10	-39
	2007	-41	-16	-3	-22
	2008	-105	-43	-13	-49
	2009	-83	-33	-10	-40
	2010	14	12	6	-4
Среднее		-60	-23	-6	-31

Приложение Е 1 - Содержание подвижных форм цинка в почвах пашни Воронежской области (на 01.01.2011 г.) 8-й цикл

№ п/п	Наименование районов	Год обследования	Обслед. площадь, тыс. га	Градации почв по содержанию цинка, мг/кг почвы			Средневзвешенное содержание, мг/кг почвы
				низкое <2,0	среднее 2,1-5,0	высокое > 5,0	
1	Аннинский	2007	90,3	85,1	5,2	-	0,86
2	Бобровский	2009	87,5	87,5	-	-	0,25
3	Богучарский	2010	82,1	82,1	-	-	0,37
4	Борисоглебский	2007	31,2	31,2	-	-	0,14
5	Бутурлиновский	2009	82,0	82,0	-	-	0,1
6	Верхнемамонский	2006	30,8	30,8	-	-	0,52
7	Верхнехавский	2006	39,9	39,8	0,1	-	0,61
8	Воробьевский	2006	32,7	32,6	0,1	-	0,50
9	Грибановский	2006	65,7	65,7	-	-	0,57
10	Калачеевский	2007	78,4	78,4	-	-	0,4
11	Каменский	2009	36,4	36,4	-	-	0,42
12	Кантемировский	2007	76,0	76,0	-	-	0,4
13	Каширский	2009	42,4	42,4	-	-	0,37
14	Лискинский	2010	98,9	98,5	0,4	-	0,4
15	Нижедевицкий	2009	59,9	59,9	-	-	0,52
16	Новоусманский	2008	46,0	45,9	0,1	-	0,49
17	Новохоперский	2010	68,3	68,3	-	-	0,36
18	Ольховатский	2008	47,2	47,2	-	-	0,2
19	Острогожский	2010	58,0	57,1	0,9	-	0,5
20	Павловский	2008	76,7	76,7	-	-	0,4
21	Панинский	2007	68,3	68,2	0,1	-	0,66
22	Петропавловский	2009	61,8	61,8	-	-	0,2
23	Поворинский	2007	41,1	41,1	-	-	0,76
24	Подгоренский	2009	62,3	62,3	-	-	0,65
25	Рамонский	2006	44,3	44,3	-	-	0,61
26	Репьевский	2008	50,1	50,0	0,1	-	0,38
27	Россошанский	2008	87,8	87,8	-	-	0,2
28	Семилукский	2010	85,6	85,2	0,4	-	0,5
29	Таловский	2006	64,8	64,6	0,2	-	0,54
30	Терновский	2008	62,8	62,8	-	-	0,46
31	Хохольский	2006	42,8	40,2	2,1	0,5	0,84
32	Эртильский	2008	74,6	74,0	0,6	-	0,52
Итого			1976,7	1965,9	10,3	0,5	0,45

Приложение Е 2 - Содержание подвижных форм цинка в почвах пашни Воронежской области (на 01.01.2016 г.) 9-й цикл

№ п/п	Наименование районов	Год обследования	Обслед. площадь, тыс. га	Градации почв по содержанию цинка, мг/кг почвы			Средневзвешенное содержание, мг/кг почвы
				низкое <2,0	среднее 2,1-5,0	высокое > 5,0	
1	Аннинский	2012	100,8	100,8	-	-	0,3
2	Бобровский	2014	107,6	107,6	-	-	0,3
3	Богучарский	2015	96,3	96,3	-	-	0,3
4	Борисоглебский	2012	55,3	55,3	-	-	0,3
5	Бутурлиновский	2014	100,9	100,7	0,2	-	0,4
6	Верхнемамонский	2011	58,8	58,6	0,2	-	0,5
7	Верхнехавский	2011	59,4	58,9	0,5	-	0,4
8	Воробьевский	2011	72,9	72,8	0,1	-	0,4
9	Грибановский	2011	84,1	84,1	-	-	0,4
10	Калачеевский	2012	111,0	111,0	-	-	0,43
11	Каменский	2014	41,5	41,5	-	-	0,2
12	Кантемировский	2012	131,5	131,5	-	-	0,35
13	Каширский	2014	56,8	56,8	-	-	0,2
14	Лискинский	2015	96,7	95,8	0,8	0,1	0,4
15	Нижедевицкий	2014	64,4	64,3	0,1	-	0,3
16	Новоусманский	2013	62,0	62,0	-	-	0,4
17	Новохоперский	2015	85,7	85,5	0,1	0,1	0,3
18	Ольховатский	2013	54,0	54,0	-	-	0,4
19	Острогожский	2015	68,1	67,9	0,2	-	0,5
20	Павловский	2013	88,0	88,0	-	-	0,3
21	Панинский	2012	77,1	77,1	-	-	0,3
22	Петропавловский	2014	84,2	84,1	0,1	-	0,3
23	Поворинский	2012	55,9	55,9	-	-	0,3
24	Подгоренский	2014	63,4	62,6	0,5	0,3	0,5
25	Рамонский	2011	49,6	49,2	0,4	-	0,5
26	Репьевский	2013	51,9	51,9	-	-	0,2
27	Россошанский	2013	117,8	117,8	-	-	0,4
28	Семилукский	2015	87,7	85,9	0,6	1,2	0,6
29	Таловский	2011	113,5	113,3	0,1	0,1	0,5
30	Терновский	2013	75,3	75,3	-	-	0,4
31	Хохольский	2011	61,9	61,2	0,7	-	0,5
32	Эртильский	2013	85,3	85,1	0,2	-	0,4
Итого			2519,4	2512,8	4,8	1,8	0,38

Приложение Ж 1- Содержание подвижных форм меди в почвах пашни Воронежской области (на 01.01.2011 г.) 8-й цикл

№ п/п	Наименование районов	Год обследования	Обслед. площадь, тыс. га	Градация почв по содержанию меди, мг/кг почвы			Средневзвешенное содержание, мг/кг почвы
				низкое $\leq 0,20$	среднее 0,21-0,50	высокое $> 0,50$	
1	Аннинский	2007	90,3	90,3	-	-	0,14
2	Бобровский	2009	87,5	76,0	11,0	0,5	0,15
3	Богучарский	2010	82,1	80,3	1,7	0,1	0,09
4	Борисоглебский	2007	31,2	29,2	2,0	-	0,14
5	Бутурлиновский	2009	82,0	80,9	1,1	-	0,08
6	Верхнемамонский	2006	30,8	9,5	18,4	2,9	0,32
7	Верхнехавский	2006	39,9	35,3	4,6	-	0,16
8	Воробьевский	2006	32,7	11,2	21,5	-	0,29
9	Грибановский	2006	65,7	58,9	6,8	-	0,16
10	Калачеевский	2007	78,4	27,7	37,6	13,1	0,3
11	Каменский	2009	36,4	36,4	-	-	0,1
12	Кантемировский	2007	76,0	7,5	56,4	12,1	0,3
13	Каширский	2009	42,4	42,4	-	-	0,09
14	Лискинский	2010	98,9	98,6	0,3	-	0,1
15	Нижедевицкий	2009	59,9	59,9	-	-	0,1
16	Новоусманский	2008	46,0	46,0	-	-	0,13
17	Новохоперский	2010	68,3	67,8	0,5	-	0,08
18	Ольховатский	2008	47,2	45,7	1,5	-	0,1
19	Острогожский	2010	58,0	57,9	0,1	-	0,1
20	Павловский	2008	76,7	49,0	27,6	0,1	0,1
21	Панинский	2007	68,3	65,7	2,5	0,1	0,14
22	Петропавловский	2009	61,8	58,7	3,1	-	0,1
23	Поворинский	2007	41,1	32,1	9,0	-	0,16
24	Подгоренский	2009	62,3	59,8	2,5	-	0,13
25	Рамонский	2006	44,3	37,9	6,4	-	0,15
26	Репьевский	2008	50,1	49,9	0,2	-	0,13
27	Россошанский	2008	87,8	72,2	15,6	-	0,10
28	Семилукский	2010	85,6	85,3	0,3	-	0,1
29	Таловский	2006	64,8	1,7	57,2	5,9	0,37
30	Терновский	2008	62,8	62,5	0,3	-	0,12
31	Хохольский	2006	42,8	38,2	4,6	-	0,16
32	Эртильский	2008	74,6	73,3	1,3	-	0,13
Итого			1976,7	1647,8	294,1	34,8	0,15

Приложение Ж 2 - Содержание подвижных форм меди в почвах пашни Воронежской области (на 01.01.2016 г.) 9-й цикл

№ п/п	Наименование районов	Год обследования	Обслед. площадь, тыс. га	Градация почв по содержанию меди, мг/кг почвы			Средневзвешенное содержание, мг/кг почвы
				низкое ≤0,20	среднее 0,21-0,50	высокое > 0,50	
1	Аннинский	2012	100,8	95,3	5,5	-	0,1
2	Бобровский	2014	107,6	106,3	1,3	-	0,1
3	Богучарский	2015	96,3	91,1	5,2	-	0,1
4	Борисоглебский	2012	55,3	46,1	9,2	-	0,1
5	Бутурлиновский	2014	100,9	99,4	1,5	-	0,1
6	Верхнемамонский	2011	58,8	58,5	0,3	-	0,1
7	Верхнехавский	2011	59,4	58,5	0,9	-	0,1
8	Воробьевский	2011	72,9	72,3	0,5	0,1	0,1
9	Грибановский	2011	84,1	84,1	-	-	0,1
10	Калачеевский	2012	111,0	110,8	0,2	-	0,13
11	Каменский	2014	41,5	39,9	1,4	0,2	0,1
12	Кантемировский	2012	131,5	131,0	0,5	-	0,13
13	Каширский	2014	56,8	55,4	1,4	-	0,1
14	Лискинский	2015	96,7	96,4	0,3	-	0,1
15	Нижнедевицкий	2014	64,4	63,8	0,6	-	0,1
16	Новоусманский	2013	62,0	57,1	4,9	-	0,1
17	Новохоперский	2015	85,7	85,5	0,2	-	0,1
18	Ольховатский	2013	54,0	53,9	0,1	-	0,1
19	Острогожский	2015	68,1	63,1	4,9	0,1	0,1
20	Павловский	2013	88,0	87,0	1,0	-	0,1
21	Панинский	2012	77,1	70,2	6,7	0,2	0,1
22	Петропавловский	2014	84,2	83,7	0,5	-	0,1
23	Поворинский	2012	55,9	48,4	7,5	-	0,1
24	Подгоренский	2014	63,4	63,3	0,1	-	0,1
25	Рамонский	2011	49,6	48,2	1,4	-	0,1
26	Репьевский	2013	51,9	51,7	0,2	-	0,1
27	Россошанский	2013	117,8	110,0	7,8	-	0,1
28	Семилукский	2015	87,7	87,5	0,2	-	0,1
29	Таловский	2011	113,5	110,1	3,3	0,1	0,1
30	Терновский	2013	75,3	72,1	3,1	0,1	0,1
31	Хохольский	2011	61,9	58,1	3,8	-	0,1
32	Эртильский	2013	85,3	74,1	11,2	-	0,1
Итого			2519,4	2432,9	85,7	0,8	0,1

Приложение 3 1 - Содержание подвижных форм марганца в почвах пашни
Воронежской области (на 01.01.2011 г.) 8-й цикл

№ п/п	Наименование районов	Год обследования	Обслед. площадь, тыс. га	Градация почв по содержанию марганца, мг/кг почвы			Средневзвешенное содержание, мг/кг почвы
				низкое ≤ 10	среднее 10,1-20	высокое > 20	
1	Аннинский	2007	90,3	1,0	30,2	59,1	25,91
2	Бобровский	2009	87,5	82,8	4,6	0,1	5,41
3	Богучарский	2010	82,1	53,3	28,8	-	8,62
4	Борисоглебский	2007	31,2	1,2	11,1	18,9	23,16
5	Бутурлиновский	2009	82,0	56,9	24,5	0,6	8,7
6	Верхнемамонский	2006	30,8	14,0	15,4	1,4	12,08
7	Верхнехавский	2006	39,9	22,9	16,3	0,7	10,40
8	Воробьевский	2006	32,7	25,5	7,2	-	9,03
9	Грибановский	2006	65,7	37,4	27,3	1,0	10,38
10	Калачеевский	2007	78,4	27,3	20,9	30,2	16,9
11	Каменский	2009	36,4	14,9	21,5	-	10,69
12	Кантемировский	2007	76,0	10,5	24,5	41,0	20,4
13	Каширский	2009	42,4	28,2	14,2	-	9,76
14	Лискинский	2010	98,9	62,4	35,5	1,0	9,4
15	Нижедевицкий	2009	59,9	52,5	7,4	-	7,56
16	Новоусманский	2008	46,0	36,5	9,2	0,3	7,97
17	Новохоперский	2010	68,3	57,4	10,9	-	7,62
18	Ольховатский	2008	47,2	29,3	12,1	5,8	10,9
19	Острогжский	2010	58,0	13,9	34,2	9,9	14,6
20	Павловский	2008	76,7	58,8	14,8	3,1	8,9
21	Панинский	2007	68,3	6,0	22,9	39,4	24,78
22	Петропавловский	2009	61,8	50,2	10,5	1,1	7,7
23	Поворинский	2007	41,1	5,7	29,4	6,0	15,28
24	Подгоренский	2009	62,3	26,1	27,2	9,0	12,56
25	Рамонский	2006	44,3	7,0	31,8	5,5	15,18
26	Репьевский	2008	50,1	40,6	9,3	0,2	7,39
27	Россошанский	2008	87,8	49,4	25,0	13,4	12,4
28	Семилукский	2010	85,6	24,9	48,9	11,8	13,0
29	Таловский	2006	64,8	22,7	36,2	5,9	12,53
30	Терновский	2008	62,8	44,1	15,6	3,1	9,29
31	Хохольский	2006	42,8	21,9	18,0	2,9	11,00
32	Эртильский	2008	74,6	27,1	31,4	16,1	14,34
Итого			1976,7	1012,4	676,8	287,5	12,38

Приложение 3 2 - Содержание подвижных форм марганца в почвах пашни
Воронежской области (на 01.01.2016 г.) 9-й цикл

№ п/п	Наименование районов	Год обследования	Обслед. площадь, тыс. га	Градации почв по содержанию марганца, мг/кг почвы			Средневзвешенное содержание, мг/кг почвы
				низкое ≤ 10	среднее 10,1-20	высокое > 20	
1	Аннинский	2012	100,8	90,5	10,3	-	6,7
2	Бобровский	2014	107,6	83,9	18,6	5,1	8,8
3	Богучарский	2015	96,3	69,5	26,6	0,2	8,5
4	Борисоглебский	2012	55,3	48,2	7,0	0,1	6,7
5	Бутурлиновский	2014	100,9	81,0	19,9	-	7,8
6	Верхнемамонский	2011	58,8	57,0	1,8	-	4,7
7	Верхнехавский	2011	59,4	31,9	21,3	6,2	12,7
8	Воробьевский	2011	72,9	69,9	2,9	0,1	5,7
9	Грибановский	2011	84,1	56,7	24,1	3,3	9,2
10	Калачеевский	2012	111,0	94,0	15,8	1,2	6,66
11	Каменский	2014	41,5	5,2	15,5	20,8	20,8
12	Кантемировский	2012	131,5	85,6	43,4	2,5	9,07
13	Каширский	2014	56,8	5,7	36,1	15,0	16,7
14	Лискинский	2015	96,7	12,3	59,5	24,9	16,6
15	Нижедевицкий	2014	64,4	0,1	22,2	42,1	27,6
16	Новоусманский	2013	62,0	5,3	32,3	24,4	18,2
17	Новохоперский	2015	85,7	80,2	5,5	-	6,6
18	Ольховатский	2013	54,0	31,3	22,2	0,5	9,8
19	Острогжский	2015	68,1	0,1	11,2	56,8	30
20	Павловский	2013	88,0	66,6	21,4	-	8,2
21	Панинский	2012	77,1	68,1	8,5	0,5	7,1
22	Петропавловский	2014	84,2	73,0	11,2	-	7,0
23	Поворинский	2012	55,9	44,0	11,4	0,5	8,1
24	Подгоренский	2014	63,4	2,6	26,0	34,8	24,9
25	Рамонский	2011	49,6	29,5	16,1	4,0	10,6
26	Репьевский	2013	51,9	18,2	27,1	6,6	13,2
27	Россошанский	2013	117,8	90,8	26,8	0,2	7,5
28	Семилукский	2015	87,7	3,3	39,1	45,3	21,5
29	Таловский	2011	113,5	110,4	2,9	0,2	4,6
30	Терновский	2013	75,3	20,4	34,2	20,7	15,9
31	Хохольский	2011	61,9	49,9	11,3	0,7	7,4
32	Эртильский	2013	85,3	50,0	21,4	13,9	11,7
Итого			2519,4	1535,2	653,6	330,6	11,22

Приложение И 1 - Содержание подвижных форм кобальта в почвах пашни
Воронежской области (на 01.01.2011 г.) 8-й цикл

№ п/п	Наименование районов	Год обследования	Обслед. площадь, тыс. га	Градация почв по содержанию кобальта, мг/кг почвы			Средневзвешенное содержание, мг/кг почвы
				низкое <0,15	среднее 0,16-0,30	высокое > 0,30	
1	Аннинский	2007	90,3	40,6	49,7	-	0,16
2	Бобровский	2009	87,5	60,2	27,3	-	0,12
3	Богучарский	2010	82,1	79,3	2,8	-	0,07
4	Борисоглебский	2007	31,2	22,4	8,8	-	0,13
5	Бутурлиновский	2009	82,0	80,8	1,1	0,1	0,07
6	Верхнемамонский	2006	30,8	8,4	20,7	1,7	0,21
7	Верхнехавский	2006	39,9	27,9	11,9	0,1	0,14
8	Воробьевский	2006	32,7	11,4	6,8	14,5	0,27
9	Грибановский	2006	65,7	31,0	27,2	7,5	0,19
10	Калачеевский	2007	78,4	30,9	43,2	4,3	0,2
11	Каменский	2009	36,4	34,2	2,2	-	0,12
12	Кантемировский	2007	76,0	21,2	45,5	9,3	0,2
13	Каширский	2009	42,4	42,3	0,1	-	0,11
14	Лискинский	2010	98,9	96,5	2,4	-	0,1
15	Нижедевицкий	2009	59,9	59,9	-	-	0,11
16	Новоусманский	2008	46,0	35,0	7,8	3,2	0,15
17	Новохоперский	2010	68,3	68,0	0,3	-	0,06
18	Ольховатский	2008	47,2	16,3	30,7	0,2	0,2
19	Острогожский	2010	58,0	54,7	3,3	-	0,1
20	Павловский	2008	76,7	27,6	49,0	0,1	0,2
21	Панинский	2007	68,3	48,7	19,5	0,1	0,14
22	Петропавловский	2009	61,8	48,5	13,0	0,3	0,1
23	Поворинский	2007	41,1	24,2	16,9	-	0,15
24	Подгоренский	2009	62,3	55,1	7,2	-	0,13
25	Рамонский	2006	44,3	30,2	13,9	0,2	0,14
26	Репьевский	2008	50,1	41,6	8,5	-	0,13
27	Россошанский	2008	87,8	48,4	39,3	0,1	0,10
28	Семилукский	2010	85,6	81,3	3,9	0,4	0,1
29	Таловский	2006	64,8	10,0	43,7	11,1	0,23
30	Терновский	2008	62,8	49,4	13,4	-	0,13
31	Хохольский	2006	42,8	25,2	16,9	0,7	0,15
32	Эртильский	2008	74,6	49,3	25,3	-	0,14
Итого			1976,7	1360,5	562,3	53,9	0,14

Приложение И 2 - Содержание подвижных форм кобальта в почвах пашни
Воронежской области (на 01.01.2016 г.) 9-й цикл

№ п/п	Наименование районов	Год обследования	Обслед. площадь, тыс. га	Градации почв по содержанию кобальта, мг/кг почвы			Средневзвешенное содержание, мг/кг почвы
				низкое <0,15	среднее 0,16-0,30	высокое > 0,30	
1	Аннинский	2012	100,8	98,8	2,0	-	0,1
2	Бобровский	2014	107,6	107,0	0,4	0,2	0,1
3	Богучарский	2015	96,3	95,3	1,0	-	0,1
4	Борисоглебский	2012	55,3	55,0	0,3	-	0,1
5	Бутурлиновский	2014	100,9	100,3	0,6	-	0,1
6	Верхнемамонский	2011	58,8	47,7	11,1	-	0,1
7	Верхнехавский	2011	59,4	58,5	0,9	-	0,1
8	Воробьевский	2011	72,9	72,9	-	-	0,1
9	Грибановский	2011	84,1	84,0	0,1	-	0,1
10	Калачеевский	2012	111,0	72,1	38,9	-	0,15
11	Каменский	2014	41,5	41,3	0,2	-	0,1
12	Кантемировский	2012	131,5	84,8	46,6	0,1	0,15
13	Каширский	2014	56,8	56,7	0,1	-	0,11
14	Лискинский	2015	96,7	96,6	0,1	-	0,1
15	Нижедевицкий	2014	64,4	64,1	0,1	0,2	0,1
16	Новоусманский	2013	62,0	61,7	0,3	-	0,1
17	Новохоперский	2015	85,7	85,6	0,1	-	0,1
18	Ольховатский	2013	54,0	46,1	7,9	-	0,1
19	Острогожский	2015	68,1	66,4	1,6	0,1	0,1
20	Павловский	2013	88,0	87,1	0,9	-	0,1
21	Панинский	2012	77,1	75,7	1,4	-	0,1
22	Петропавловский	2014	84,2	83,5	0,7	-	0,1
23	Поворинский	2012	55,9	55,1	0,8	-	0,1
24	Подгоренский	2014	63,4	63,1	0,3	-	0,1
25	Рамонский	2011	49,6	47,3	2,3	-	0,1
26	Репьевский	2013	51,9	51,9	-	-	0,1
27	Россошанский	2013	117,8	108,1	9,7	-	0,1
28	Семилукский	2015	87,7	87,6	0,1	-	0,1
29	Таловский	2011	113,5	113,5	-	-	0,1
30	Терновский	2013	75,3	74,6	0,7	-	0,1
31	Хохольский	2011	61,9	60,6	1,3	-	0,1
32	Эртильский	2013	85,3	84,5	0,8	-	0,1
Итого			2519,4	2387,5	131,3	0,6	0,11

Приложение К – Урожайность сельскохозяйственных культур по годам в хозяйствах Воронежской области за период с 1976 по 2010 г.

Тур	Годы обследования	Среднегодовая урожайность в целом по области, ц/га			
		Озимая пшеница	Сахарная свекла	Кукуруза на силос	Подсолнечник
II	1976	26,0	189,0	160,0	9,3
	1977	19,7	171,0	146,0	11,1
	1978	19,2	171,0	147,0	7,5
Среднее		21,6	177,0	151,0	9,3
III	1979	15,1	126,0	160,0	9,4
	1980	21,7	161,0	186,0	6,3
	1981	18,5	70,0	197,0	8,3
	1982	19,3	121,0	204,0	8,9
	1983	30,4	148,0	191,0	8,0
	1984	12,3	85,0	130,0	7,0
	1985	19,2	194,0	216,0	12,1
Среднее		19,5	129,3	183,4	8,6
IV	1986	26,8	185,0	171,0	10,9
	1987	28,7	251,4	268,8	13,4
	1988	33,5	233,3	243,5	14,8
	1989	36,2	274,7	266,2	17,2
	1990	31,7	195,9	179,2	8,8
Среднее		31,4	228,1	225,7	13,0
V	1991	30,7	125,3	126,8	10,7
	1992	23,7	150,9	213,3	10,4
	1993	30,0	188,1	154,0	9,5
	1994	19,7	121,1	93,5	5,7
	1995	15,7	167,2	194,6	12,7
Среднее		24,0	150,5	156,4	9,8
VI	1996	20,2	121,8	78,6	7,7
	1997	24,9	96,5	143,7	9,3
	1998	19,7	147,7	136,9	9,6
	1999	19,9	192,8	137,7	11,1
	2000	19,5	168,9	149,5	10,4
Среднее		20,8	145,5	129,3	9,6
VII	2001	29,7	179,5	103,3	8,8
	2002	28,7	187,0	107,3	10,1
	2003	20,7	232,6	170,5	11,4
	2004	23,6	227,6	136,1	9,8
	2005	24,7	267,6	176,3	12,3
Среднее		25,5	218,9	138,7	10,5
VIII	2006	19,7	289,9	126,4	11,9
	2007	23,8	259,1	140,1	15,0
	2008	38,2	360,4	146,4	16,0
	2009	28,0	284,1	141,7	15,4
	2010	15,4	178,5	83,5	11,3
Среднее		25,0	274,4	127,6	13,9

Приложение Л – Внесение минеральных и органических удобрений под основные сельскохозяйственные культуры в Воронежской области

Тур	Годы обследования	Озимая пшеница		Сахарная свекла	Кукуруза на силос		Подсолнечник
		внесено органических удобрений, т/га	внесено минеральных удобрений, кг/га д.в. NPK	внесено минеральных удобрений, кг/га д.в. NPK	внесено органических удобрений, т/га	внесено минеральных удобрений, кг/га д.в. NPK	внесено минеральных удобрений, кг/га д.в. NPK
1	2	3	4	5	6	7	8
II	1976	4,0	47,0	390,0	6,0	47,0	31,0
	1977	7,6	59,5	453,3	4,4	55,8	49,5
	1978	4,3	42,0	480,0	7,0	62,5	49,0
Среднее		5,3	49,5	441,1	5,8	55,1	43,2
III	1979	6,3	54,5	484,5	7,9	75,0	69,0
	1980	2,5	45,5	461,0	11,7	111,0	55,5
	1981	6,4	53,5	386,0	9,3	119,0	48,5
	1982	6,9	51,0	460,0	8,1	123,5	45,5
	1983	14,7	67,0	380,0	6,4	117,0	45,0
	1984	16,1	86,0	442,0	4,9	124,0	110,0
	1985	13,0	85,0	381,0	3,5	119,0	61,0
Среднее		9,4	63,2	427,8	7,4	112,6	62,1
IV	1986	17,3	197,0	338,0	2,9	140,0	82,0
	1987	14,8	177,0	382,0	2,3	152,0	96,0
	1988	17,1	196,0	385,0	2,9	152,0	129,0
	1989	18,3	193,0	396,0	2,5	144,0	141,0
	1990	17,4	180,0	408,0	2,0	140,0	151,0

Продолжение приложения Л

1	2	3	4	5	6	7	8
Среднее		17,0	188,6	381,8	2,5	145,6	119,8
V	1991	17,9	173,0	349,0	1,7	118,0	129,0
	1992	11,9	109,0	330,0	1,8	82,0	75,0
	1993	13,1	60,2	163,6	2,3	39,0	29,8
	1994	23,4	66,1	132,0	1,2	20,5	16,4
	1995	14,8	43,2	107,4	1,0	21,0	16,8
Среднее		16,2	90,3	216,4	1,6	56,1	53,4
VI	1996	7,2	23,7	83,7	1,0	12,0	7,9
	1997	6,9	26,6	76,3	0,0	19,0	9,3
	1998	9,4	31,8	77,7	1,0	13,0	9,5
	1999	8,4	43,5	67,9	0,1	21,0	14,4
	2000	9,1	60,0	131,2	0,1	24,0	18,3
Среднее		8,2	37,1	87,4	0,4	17,8	11,9
VII	2001	6,4	40,0	96,3	0,2	24,0	16,8
	2002	5,8	48,0	135,2	0,5	26,0	17,7
	2003	8,5	59,0	171,1	0,4	28,0	23,3
	2004	6,5	48,0	195,7	0,4	22,0	24,2
	2005	5,0	40,0	194,9	0,0	17,5	18,9
Среднее		6,4	47,0	158,6	0,3	23,5	20,2
VIII	2006	4,5	43,0	277,1	0,1	21,9	27,2
	2007	4,0	53,0	293,4	0,7	35,5	48,9
	2008	2,7	68,6	265,5	0,8	46,0	38,0
	2009	3,1	67,7	254,0	1,6	49,0	38,0
	2010	5,2	93,3	270,3	1,4	54,4	44,5
Среднее		3,9	65,1	272,1	0,9	41,4	39,3

Приложение М – Химический состав глауконитового песка

Показатель	Ед-ца измерения	Содержание	
		валовые формы	подвижные формы
Калий (K ₂ O)	%	3,2	-
Азот (N)	%	0,1	-
Фосфор (P ₂ O ₅)	%	0,3	-
Влажность	%	6,5	-
pH		8,2	
CaCO ₃ +MgCO ₃	%	2,71	
в. т.ч. СаО	%	0,62	
Зольность	%	97,31	
Кремний (SiO ₂)	%	81,2	
Железо (Fe)	мг/кг	5000	4,4
Цинк (Zn)	мг/кг	6,3	0,42
Кадмий (Cd)	мг/кг	0,3	0,1
Никель (Ni)	мг/кг	5,8	0,26
Кобальт (Co)	мг/кг	1,3	0,3
Марганец (Mn)	мг/кг	4,5	0,8
Хром (Cr)	мг/кг	9,0	0,2
Медь (Cu)	мг/кг	4,2	0,6
Свинец (Pb)	мг/кг	4,0	1,4
Нитратный азот	мг/кг	48	-
Аморфный кремний (SiO ₂)	%	5,0	-

Приложение Н – Расчет экономической эффективности применения удобрений под сахарную свеклу при дифференцированном и традиционном внесении в Воронежской области

№ п/п	Показатель	Традиционное внесение	Дифференцированное внесение	Примечание
1	2	3	4	5
1	Доза удобрений, кг д.в./га	375	390	Определяется балансовым методом на планируемую урожайность (400 ц/га)
1.1	Доза аммофоса (12:52), кг/га	106	121	Доза в физической массе = Доза д.в.*100/% д.в. в удобрении
1.2	Доза аммиачной селитры (34,4 %), кг/га	358	368	
1.3	Доза хлористого калия (60 %), кг/га	307	310	
2	Прибавка от внесения удобрений, ц/га	111	117	Доза удобрения (гр. 1)*норматив прибавки урожайности от внесения 1 кг д.в. удобрений
3	Стоимость прибавки, руб./га	32190	33930	Прибавка (гр.2)*Стоимость 1 ц продукции (290руб./ц)
4	Стоимость удобрений, руб./га	14087	14783	Определяется путем умножения дозы удобрений (гр. 1.1-1.3) на цену 1 тонны удобрений (аммофос - 33000руб., амм. селитра - 15000 руб., хлористый калий - 17000 руб.) и деления на 1000
4.1	в т.ч. аммофоса (12:52)	3498	3993	
4.2	в т.ч. амм. селитры (34,4 %)	5370	5520	
4.3	в т.ч. хлористого калия (60 %)	5219	5270	

Продолжение приложения Н

	2	3	4	5
5	Затраты на доставку, подготовку, хранение, транспортировку и внесение удобрений, руб./га	1409	1478	10% от общей стоимости удобрений (гр.4)
6	Затраты на уборку, переработку, хранение, транспортировку и реализацию дополнительного урожая , руб./га	2253	2375	7% от стоимости прибавки урожая (гр.3)
7	Затраты на агрохимическое обследование, руб./га	60	120	-
8	Итого затрат, руб./га	17809	18756	Сумма граф 4, 5, 6,7
9	Чистый доход от применения удобрений , руб./га	14381	15174	Стоимость прибавки (гр. 3)- Итого затрат (гр. 8)
10	Дополнительный доход от применения дифференцированного внесения удобрений, %	-	5,5	-