

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Красноярский государственный аграрный университет»

На правах рукописи

Семенова Виктория Викторовна

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
ПОСТИРРИГАЦИОННЫХ ЗЕМЕЛЬ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ
КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

Специальность 06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
доцент Бадмаева Софья Эрдыниевна

Барнаул 2020

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ	6
1.1 Влияние длительной хозяйственной деятельности на режимы	6
и свойства черноземов	6
1.2 Свойства черноземов Красноярской лесостепи	16
ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	29
2.1 Характеристика объектов исследования	29
2.2 Схема опытов и методика проведения исследований	35
2.3 Метеорологические условия в годы исследований	37
ГЛАВА 3 ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ	39
ОБЫКНОВЕННЫХ ОТ ВИДОВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ	39
3.1 Гранулометрический состав и агрофизические свойства	39
3.2 Агрохимические свойства	50
3.3 Катионообменная способность почв	56
ГЛАВА 4. МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО	60
4.1 Изменение гумусового состояния	60
4.2 Структурно-агрегатный состав	63
ГЛАВА 5 ОПТИМИЗАЦИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА И	70
АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО	70
5.1 Водный режим	70
5.1.1 Динамика влажности почвы в годы расчетной	70
обеспеченности осадками	70
5.1.2 Суммарное водопотребление и коэффициенты	84
водопотребления многолетних травосмесей	84
5.2 Влияние различных способов обработки	87
на агрофизические свойства	87
ВЫВОДЫ	93
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	97
ПРИЛОЖЕНИЯ	124

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. При создавшихся социально-экономических условиях в стране в конце 90-х годов, большие площади орошаемых земель выведены из сельскохозяйственного оборота, оросительные системы во многих регионах не функционируют. Вместе с тем в орошаемое земледелие были вовлечены наиболее плодородные каштановые и черноземные почвы лесостепной и степной зоны.

Во второй половине 20-го века на территории Красноярского края работали крупные оросительные системы инженерного типа, охватывающие площадь более 25 тыс. га. На многих оросительных системах полив производился с нарушением научно-обоснованных режимов орошения, что привело к нарушению экологического равновесия в системе вода – почва – растение, поднятию уровня грунтовых вод на пониженных элементах рельефа, возникновению вторичного засоления, осолонцевания.

В настоящее время оросительные системы выведены из строя, орошаемые площади переведены в залежь или используются в богарном земледелии и на значительной части орошаемых земель наблюдается неудовлетворительное состояние почвы. Необходимость решения проблем плодородия постирригационных земель, оптимизации свойств и режимов дало направление исследованию.

Цель исследования: выявить и теоретически обосновать изменение свойств и режимов постирригационных черноземов обыкновенных лесостепной зоны Красноярского края.

Задачи исследования:

- охарактеризовать современное состояние постирригационного чернозема обыкновенного, выявляя закономерности изменения под влиянием орошения;
- выявить изменение свойств черноземов обыкновенных от видов землепользования в сравнении с целинными аналогами;

- провести мониторинговые исследования по показателям плодородия почвы;
- разработать способы оптимизации водного режима и агрофизических свойств почвы.

Научная новизна. Впервые в условиях Красноярской лесостепи проведен мониторинг показателей плодородия постирригационного чернозема обыкновенного, экспериментально выявлены и теоретически обоснованы изменения основных параметров почвы. Разработаны способы оптимизации свойств и режимов этих почв.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные результаты вносят вклад в разработку теоретических основ свойств и режимов постирригационных почв, в управлении их плодородием и оптимизации агрофизических свойств и водного режима. Для сельскохозяйственных предприятий южных районов Красноярского края результаты исследований могут быть применены для рационального использования черноземов обыкновенных при выращивании многолетних трав, обеспечивающих получение высоких урожаев.

Материалы диссертационной работы используются в учебном процессе при проведении лекционных и практических занятий по следующим дисциплинам: «История мелиорации в Красноярском крае», «Климат почв», «Основы мелиорации земель» в Институте землеустройства, кадастров и природообустройства Красноярского государственного аграрного университета, а также в разработке проектов землепользования в сельскохозяйственных организациях лесостепной зоны Красноярского края.

Основные защищаемые положения:

1. Характер сельскохозяйственного использования чернозема обыкновенного изменяет гранулометрический состав и агрофизические свойства почвы.
2. Оптимизация водного режима и агрофизических свойств чернозема обыкновенного способствует повышению продуктивности культур.

Апробация работы. Основные положения работы представлялись и обсуждались на международных и национальных научно-практических конференциях: «Почвы степных и лесостепных экосистем Внутренней Азии и проблемы их рационального использования» (Улан-Удэ, 2015); «Наука и практика в условиях санкционного миропорядка» (Санкт-Петербург, 2018); «Проблемы современной аграрной науки» (Красноярск, 2018); «Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России» (Рязань, 2019),

Agrophysical properties of black soils depending on types of economic use in the Krasnoyarsk forest-steppe (Agritech-2019-4018).

Публикации. Автором диссертации по данной теме опубликовано 10 работ, в том числе одна публикация, индексируемая в информационно-аналитической системе Scopus, 3 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы из 216 наименований в т. ч. 19 на иностранном языке. Диссертация изложена на 145 страницах компьютерного текста, содержит 23 таблицы, 20 рисунков.

Личный вклад автора. Автору принадлежит 85% диссертационной работы. Под руководством научного руководителя соискателем разработана программа научных исследований, проведены полевые опыты, обоснованы научные положения диссертационной работы, проанализированы и статистически обработаны полученные материалы исследований. Вся диссертация выполнена и написана лично автором настоящего исследования.

Благодарности. Автор искренне благодарен научному руководителю С.Э. Бадмаевой за осуществление общего руководства и помощь в написании диссертации, доценту Евтушенко С.В. за поддержку в проведении полевых опытов и коллективу института землеустройства, кадастров и природообустройства Красноярского ГАУ за содействие и помощь при выполнении работы.

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ

1.1 Влияние длительной хозяйственной деятельности на режимы и свойства черноземов

На территории России сосредоточено 50% мирового распространения богатейших почв планеты – черноземов. На черноземах производится 75% валовой продукции зерновых культур и 50% продукции животноводства. В южной зоне России черноземы составляют главный земельный ресурс сельскохозяйственного производства. Однако современное состояние черноземных почв вызывает обеспокоенность в связи с возрастающей деградацией, что угрожает продовольственной безопасности России. Черноземы подвергаются значительной антропогенной нагрузке, прежде всего, сельскохозяйственному воздействию. Проблема деградации пахотных черноземов в значительной степени обусловлена потерей органического вещества и ухудшением структурного состояния. Причем степень деградации неодинакова в разных почвенно-климатических зонах [1,7,14,20,22,41, 65,79,90,101, 119].

Почвы с высоким уровнем плодородия более устойчивы к негативным антропогенным воздействиям. Известно, что черноземы характеризуются устойчивостью своих свойств, которые в результате длительного сельскохозяйственного освоения могут претерпевать некоторые изменения в зависимости от агроценозов. Сохранение и приумножение плодородия антропогенно-преобразованных почв и их управление являются важными сельскохозяйственными задачами. Для их решения надо знать скорости развития процессов под влиянием агрогенного действия [141-145]. Проведены исследования [103,104] по разработке нормативов изменения физических свойств пахотных черноземов типичных и выщелоченных тяжелосуглинистого и легкоглинистого гранулометрического состава основных провинций Европейской территории России в условиях интенсивного

сельскохозяйственного использования. Установлены пределы оптимальных, допустимых и критических значений физических свойств верхнего пахотного слоя данных почв для роста и развития растений. Выявлено, что варьирование физических свойств пахотного горизонта связано не только зонально-провинциальными особенностями, но и зависит от длительности и характера использования почв, а также от уровня культуры земледелия. При установлении нормативов изменения физических свойств черноземов были взяты такие факторы, как механическая обработка почвы, уплотняющее воздействие движителей современной энергонасыщенной сельскохозяйственной техники, органические и минеральные удобрения, тип и вид севооборотов и особенности агротехники основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в данной зоне. К естественным факторам изменения физических свойств черноземных почв были отнесены процессы увлажнения и высыхания, замерзания и оттаивания почв, гумификации и минерализации органического вещества, процессы эрозии и т.д. В результате 38-летнего периода наблюдений за изменением плотности пахотного слоя черноземов лесостепной зоны Европейской территории России, выявлено, что при исходных оптимальных плотностях 1,15- 1,20 г/см³ и влажности 22-26% под воздействием давления 140 кПа (соответствующего маркам тракторов ДТ-75 и МТЗ-82) плотность пахотного слоя достигает верхнего допустимого предела – 1,35 г/см³. При уплотнении черноземов типичных и выщелоченных выше 1,40 г/см³ (критических значений плотности) плотного разуплотнения до исходного состояния в течение года не происходит.

Вовлечение целинных почв в сельскохозяйственный оборот существенно изменяет свойства и режимы почв. По мнению исследователей [34,38,120-123, 126,156,171,173,188,210-213], преобладание экстенсивных технологий на большей части центрально-черноземной зоны с внесением низких доз минеральных и органических удобрений, отсутствием севооборотов, увеличением в структуре посевных площадей чистых паров и пропашных культур, сокращением доли многолетних трав, отсутствием противоэрозионных

мероприятий, использованием при возделывании тяжелой техники являются причиной ухудшений плодородия почв. За 100 летний период черноземы центрально-черноземной зоны потеряли до 30% гумуса в пахотном горизонте. Процесс преобразования целинной почвы в пахотную при выращивании культурных растений сопровождается ее деградацией.

По влиянию антропогенного воздействия на развитие и плодородие черноземов, полученных различными методами и подходами, имеются различные мнения [16,37,40,74,95,110,151,182]. Одни исследователи утверждают [54,71,89,149,155,157,177], что вовлечение черноземных почв в сельскохозяйственное использование приводит к значительному уменьшению содержания гумуса, особенно в пахотном горизонте. Снижение содержания гумуса происходит в первые годы освоения, в дальнейшем потери гумуса идут менее интенсивно, а после происходит стабилизация его запасов в верхнем пахотном слое почвы при сформировавшемся агроценозе. Другие исследователи [56,57], отмечают на сохранение характера гумусообразования и качественного состава гумуса в пахотных почвах в сравнении с исходным зональным типом почвообразования.

Изучению направленности почвообразовательного процесса и основных водно-физических свойств чернозема выщелоченного в разных фитоценозах: на целине, зернопропашном севообороте и под многолетними сеянными травами посвящена работа [43]. Во всех агрофитоценозах содержание и запасы гумуса в слое 0-20 см примерно были одинаковыми, а количество валового фосфора убывало в ряду: целина – пашня – многолетние травы. Содержание валового фосфора, степень его подвижности, фосфатная емкость, запасы фосфора и сумма минеральных фосфатов, наоборот, возрастали в той же последовательности. Обменный калий в наибольшей степени содержится в целинной почве, наименьшее – в пашне.

В мониторинговых исследованиях, проведенных в Новосибирской области, установлена устойчивая тенденция уменьшения содержания гумуса в пахотных черноземных почвах. Несмотря на то, что почвы Новосибирской

области исходно были богаты гумусом, в настоящее время доля таких почв снизилась до 10%, а доля бедных гумусом превысило 25%. Прогрессирующее уменьшение содержания гумуса и изменение состава органического вещества уже негативно сказалось на качестве [158].

При проведении почвенного мониторинга за эталон берется целинная почва, в которой антропогенное влияние исключено, либо минимизировано [24,34,59,110,116,130,135,138,150,170,186]. Наблюдения за параметрами такой почвы представляет суть так называемого фонового мониторинга. В качестве эталона уместно использовать природные характеристики почв – такие как способность продуцировать органическое вещество при данных природно-климатических ресурсах, либо биопродуктивность (без дополнительных вложений). Наконец, в качестве эталонов могут выступать оптимальные параметры почв, обеспечивающие в корнеобитаемом слое культурных растений способность в максимальной степени реализовать свой потенциал. Безусловно, что такого рода эталон пригоден для формулирования требований к наиболее современным технологиям сельскохозяйственного производства [112]. Опыты проведенные [103,104], в лесостепной зоне на черноземах типичных мощных и черноземах выщелоченных, где преобладающими (фоновыми) являлись черноземы типичные мощные, ими занято 60-70% пашни, показало, что при интенсивном антропогенном воздействии подтиповые различия по физическим свойствам были сnivelированы.

Перевод пахотных черноземов в залежь претерпевает изменения в свойствах почв. При изучении формирования гумусного состояния залежных почв, установлено [87,88,206,209], что со временем происходит накопление гумуса в верхних слоях почвы. Запасы гумуса в слое 0-50см составляют 81% от запасов в целинном чернозёме. Гумусовый слой восстанавливается двумя этапами. Процесс этот наиболее активен в первые годы после пашни, на трёх-четырёх летних залежах под длиннокорневищной сукцессией пырея, характеризующегося большим количеством наземного и корневого опада. Эти залежи имеют более высокое содержание гумуса в ранее пахотном горизонте,

чем на пашне, более 6%. Запасы гумуса составляют уже 87% от целинных почв. Такая скорость гумусонакопления продолжается не более 10 лет и снижается под рыхлокустовой сукцессией. Далее восстановление запасов гумуса протекает с нарастанием, но крайне медленным, в период от 10-15 до 30-40 лет. Залежь в течение 58 лет не достигла уровня гумусированности целинной почвы. В агроэкологическом отношении 10-15-летняя залежь миграционно-мицелярного чернозёма имеет восстановленный профиль целинной почвы. В нём стёрты морфологические признаки пашни. Как и другие изученные свойства, включая подвижные соединения элементов питания, запасы и состав гумуса в слое 0-50 см достигают возможного максимума для залежей. Примерно до 50-60 лет происходит лишь корректировка ряда свойств, связанная с естественной сменой фитоценозов в направлении к квазиклимаксу.

В условиях Сибири на чернозёмах выщелоченных и оподзоленных в течение 15-летнего нахождения в залежи наблюдается постепенная смена сорняков пыреем и, растительностью, свойственной целине. Обильная корневая система, активная деятельность микроорганизмов, повышение запасов органического вещества приводит со временем к увеличению водопрочности структурных агрегатов и восстановлению почвенного плодородия. Исследования [7,107-109,176,214] показали, что изменения в структурном составе чернозёмов обыкновенных происходят после 5 лет использования их в залежи. С переходом бурьянистой стадии (2 года) в корневищную (5 лет) отмечается большая насыщенность корнями травянистой растительности и формирование дернины. При этом количество глыбистых агрегатов остаётся на достаточно высоком уровне. Статистический анализ сравнения 2- и 5-летней залежей по содержанию агрономически ценных агрегатов размером 10-0,25 мм показал отсутствие достоверных различий в пределах верхней 40-сантиметровой толщи почв. Как известно, в почве 5-летней залежи наблюдается перераспределение фракций агрегатного состава. Отдельности фракции (более 1 мм) приобретают устойчивую водопрочность. Количество водостойчивых агрегатов в целом увеличилось в слое 0-20 см на 17%. После 30-летнего нахождения чернозёма

обыкновенного в залежном состоянии удовлетворительная оструктуренность по содержанию водопрочных агрегатов пашни (55%) меняется на хорошую (72%).

Исследования [103] по изучению структурного состава и плотности сложения почв солонцового комплекса Нижнего Заволжья показали, что на орошаемых с 1967 по 1991гг и выведенных из сельскохозяйственного оборота в залежь участках произошли положительные изменения в структурном составе и плотности сложения почв.

Вовлечение чернозёмных почв в орошаемое земледелие изменяет почвообразовательный процесс [6,11,12,15,18,25,31,32,46,67-69,83,112,113,120,123,160,196]. Черноземные почвы весьма плодородны, но в то же время чрезвычайно чувствительны к изменению водного режима. Нерациональное орошение может привести к быстрому ухудшению их мелиоративного состояния и потере плодородных свойств. Нерациональное орошение может привести к быстрому ухудшению их мелиоративного состояния и потере плодородных свойств.

Разные авторы [61, 62,66,117,159,185,207,208], рассматривая орошение как фактор антропогенного воздействия, имеют разные мнения о влиянии этого фактора на почвы степных и лесостепных агроландшафтов. Орошение вызывает неблагоприятные изменения физических свойств почвы, уплотнение пахотного горизонта, слитизацию, в то же время не оказывает влияние на содержание гумуса и запасов CaCO_3 . Под влиянием многолетнего орошения темно-каштановых почв Хакасии увеличивается мощность гумусового слоя, карбонаты подвергаются вымыванию.

Отмечено существенное изменение гумусового состояния орошаемых почв, уменьшение запасов, особенно в первые годы орошения, перераспределение содержания гумуса по профилю, уменьшение его в пахотном слое и увеличение в более глубоких горизонтах; изменение качественного состава гумуса, снижение содержания гуминовых кислот, связанных с кальцием, возрастание доли фульвокислот.

В мониторинговых исследованиях по содержанию гумуса в почвах Ингулецкой оросительной системы [110] выявлено, что в природном состоянии почвы системы развивались в условиях автоморфного непромывного водного режима и имели нормальный тип строения почвенного профиля с выделением гумусово-аккумулятивного, переходного, карбонатного горизонтов и подстилающей породы. Высокие поливные нормы, значительная фильтрация воды из каналов, тяжелый гранулометрический состав почв и пород способствовали поднятию уровня грунтовых вод с 9-13 м до 2,8 1,5 м спустя 10 лет с начала орошения. А это привело к изменению типа водного режима с автоморфного непромывного на гидроморфный промывной, с переходом почв с северо-восточной части массива и на других пониженных участках из разряда южных черноземов в лугово-черноземные. Кроме того, орошение изменяя природные условия (поступление большого количества влаги, солей и веществ, большая глубина промачивания почвы, частое изменение окислительно-восстановительных процессов, увеличение количества микрофлоры, снижение температуры почвы и условий гумификации и др.) изменяет направленность, глубину и время протекания процессов и режимов почвообразования, свойства почв.

По данным [89,156,201], обеднение или обогащение орошаемых почв гумусом во многом зависит от поступления в почву органического материала и скорости его минерализации. Усиление минерализации растительных остатков в условиях орошения – естественный процесс, поскольку гумус ранее не орошаемых почв находился в состоянии динамического равновесия. Его содержание и состав отвечали существующим условиям. Изменение условий приводит к тому, что ускоряется разложение гумуса. С течением времени свойства гумусовых веществ изменяются и они оказываются соответствующими новым биохимическим и гидротермическим условиям. И с этого момента устанавливается новое динамическое равновесие.

Осторожно нужно подходить к орошению черноземов степной и лесостепной зоны. Для этих типов формирование периодически промывного

режима приносит только вред. Допустимая интенсивность промывного режима для черноземов и высокогумусных луговых почв не должна превышать 5%, для каштановых – 10-15 %, для бурых – 15-20% и сероземов – 20% от оросительной нормы.

Экологические принципы орошения черноземов были сформулированы В.А. Ковдой (1979): «В лесостепях и на черноземах орошение должно быть только спорадическое, только в формах дополнительного увлажнения в годы и в сезоне дефицита влаги в почвах. В степях и на черноземах южных и на темно-каштановых почвах орошение должно быть дополнительным увлажнением по дефициту до полевой влагоемкости. Во влажные (нормальные) годы увлажнение не должно «производиться».

Нормы дополнительной, кроме естественных осадков, подачи воды должны определяться потенциалом радиационных и тепловых ресурсов и водным режимом почв. При таком режиме орошения снижается до минимума или полностью исключается дегумификация, декальционирование, реструктурирование почв, их слитизация, засоление, заболачивание и другие отрицательные последствия орошения, обеспечивается сохранение и повышение почвенного плодородия [94,96,97,127].

В условиях Сибири наиболее плодородные почвы (черноземы) формируются в естественных условиях при скомпенсированном гидротермическом режиме, характеризуемым отношением $R/Q_c = 0,8-1,1$, где R - радиационный баланс деятельной поверхности, ккал/см²/год; Q_c – количество тепла, необходимое для испарения осадков, ккал/см²/год. Учитывая, что такое соотношение водных и тепловых ресурсов является оптимальным с точки зрения почвенных процессов и, исходя из особенностей водно-физических и химических свойств черноземных почв, поливы должны восполнять дефицит осадков в расчете на год оптимального естественного увлажнения, т.е. когда отношение $\lambda/(Q_c + M)$ не превышает 0,8-1,1 (M – оросительная норма), а промывной режим не превышает 0,1 суммарного испарения.

Как отмечают [27], высокие потенциальные возможности черноземных почв и достаточные тепловые ресурсы здесь реализуются всего на 20-60% из-за дефицита природных запасов влаги.

На сибирских черноземах независимо от их региональных подтиповых эколого-генетических и водно-мелиоративных особенностей и вида возделываемых культур, мощность слоя оптимального (до НВ) увлажнения вегетационными поливами должна быть ограниченной и не превышать 40 см. Причем, предполивной порог влажности должен быть дифференцирован в зависимости от механического состава. При орошении легкосуглинистых черноземов вегетационные поливы необходимо проводить при снижении влажности корнеобитаемого слоя до 60% НВ, тогда как на средне- и тяжелосуглинистых – до 70% НВ. В этом случае поливные нормы должны составлять 350-400 м³/га. При поддержании такого режима орошения создаются условия активного влагооборота в верхнем наиболее плодородном слое почвы, что способствует накоплению максимального сухого вещества на единицу общей массы урожайности и практически исключает потери поливной воды за пределы корнеобитаемого слоя почвы [19,44,63,64,71,76-78,137-139,160-165, 176,180,183].

В последние годы большие площади орошаемых почв в России не поливаются, переведены в богарные пахотные угодья или в залежь, в так называемые постирригационные почвы [84,128,146,147,192,193].

В постирригационный период в ранее пахотных горизонтах солонца и каштановой почвы наблюдается положительная динамика в содержании агрономически ценных агрегатов, с увеличением водопроницаемости и структурности агрегатов. Отмечается снижение плотности в пахотных горизонтах всех исследуемых почв.

Изучение почвообразовательных процессов в 50-летних залежных тёмно-цветных чернозёмовидных почвах под восстановившейся степной растительностью, проведённое М.П. Лебедевой (2008), показало, что реакция этих почв является нейтральной в верхней части гумусового горизонта и

слабощелочной ниже по профилю. В 50-летней залежной почве восстановление степной растительности определило стирание агрогенных микропризнаков в профиле исходной пахотной почвы, в результате чего произошло уплотнение рыхлого и распыленного пахотного гумусового горизонта и стирание плужной подошвы. В карбонатном профиле по сравнению с пахотной почвой за 50 лет произошли следующие изменения: повысилась граница вскипания на 14 см, что связано, вероятно, с расположением разреза на краю большой впадины; зоны с максимальной пропиткой криптозернистым кальцитом стали растрескиваться, при этом отдельные зёрна кальцита имеют следы растворения и перекристаллизации.

Среди оросительных систем Волгоградской области Светлоярская оросительная система практически перестала существовать. По данным А.Ф. Новиковой и др. (2008) на этой оросительной системе, введённой в эксплуатацию в 1968 году, уже в первые годы эксплуатации на отдельных участках отмечались подъем уровня грунтовых вод (УГВ) и вторичное засоление почв. На этой оросительной системе основным способом полива было затопление по чекам или полив по бороздам. Возделывались овощные и кормовые культуры, что обусловило применение высоких оросительных норм. Фактическое орошение почв Светлоярской ОС привело к резкому снижению уровня грунтовых вод по всей системе. За период 1989-2001гг. площадь почв с УГВ менее 3 метров уменьшилась вдвое. К 2007 году почвы с УГВ более 5 метров стали занимать 70%, а площади с УГВ – 3-5 метров – 30%. Минерализация грунтовых вод сохранилась практически на прежнем уровне.

1.2 Свойства черноземов Красноярской лесостепи

Изучению процессов почвообразования, свойств и режимов черноземных почв лесостепной и степной зоны Красноярского края посвящены работы [13,25,26,47,53,54,74,99,100,106-109,116,132,133,148,181,182,185-188,195].

Лесостепная зона Красноярского края простирается в межгорных впадинах и вытянутых долинах, в которых выделяются Минусинская, Красноярская, Канская, Ачинско-Боготольская котловины. Минусинская котловина имеет расчлененный рельеф, обусловленный протекающими здесь реками. Степень расчлененности различна, на этом фоне разбросаны сопки, которые иногда приобретают характер мелких хребтов. Основные породы, слагающие пониженные части котловины, относятся к девонским осадочным отложениям. Большая часть этих отложений континентального происхождения, морским осадкам принадлежит подчиненная роль. Поверхностные материнские породы разнообразны, господствуют глины и суглинки, в небольшом количестве встречаются породы легкого гранулометрического состава, главным образом в речных долинах и озерных котловинах.

Рельеф. Высотные отметки явно превосходящих элементов рельефа достигают 450-550 м, а долин – 250-300 м. Территория характеризуется расчлененным рельефом, но по степени расчленения неодинаковая и зависит от густоты гидрографической сети и расстояния от основных крупных рек – Чулыма и Енисея. В западной и южной частях округа, где реки почти отсутствуют и на небольшом расстоянии находится Батеневский кряж и Кузнецкий Алатау, преобладающие формы рельефа представлены холмами, моноклиналильными возвышенностями и даже мелкосопочниками.

На рисунке 1 представлено физико-географическое районирование Красноярского Причулымья.

Здесь имеются сухие ложбины и озерные котловины суффuzionного и тектонического происхождения. Северная и восточная части округа имеют увалистый и холмисто-увалистый рельеф с весьма значительным эрозионным

расчленением склонов. Наиболее расчлененная часть Чулымо-Енисейского округа (куда входит объект исследования) – его правобережная (относительно р. Енисея) часть, где амплитуда колебаний высотных отметок достигает 470 м. Рельеф здесь изменяется от широкоувалистой равнины на высоких террасах Енисея до низкогористого в отрогах Восточного Саяна.

Почвообразующими породами на выровненной в восточной части Чулымо-Енисейского округа являются лессы и лессовидные суглинки, которые подстилаются легкими суглинками, а затем тонкозернистыми песками.

Продукты выветривания красноцветных девонских пород, расположенные в южной части округа, характеризуются тяжелым гранулометрическим составом и наличием легкорастворимых солей. Последнее обуславливает наличие здесь солонцеватых почв и солонцов, также повышенную минерализацию грунтовых и озерных вод.

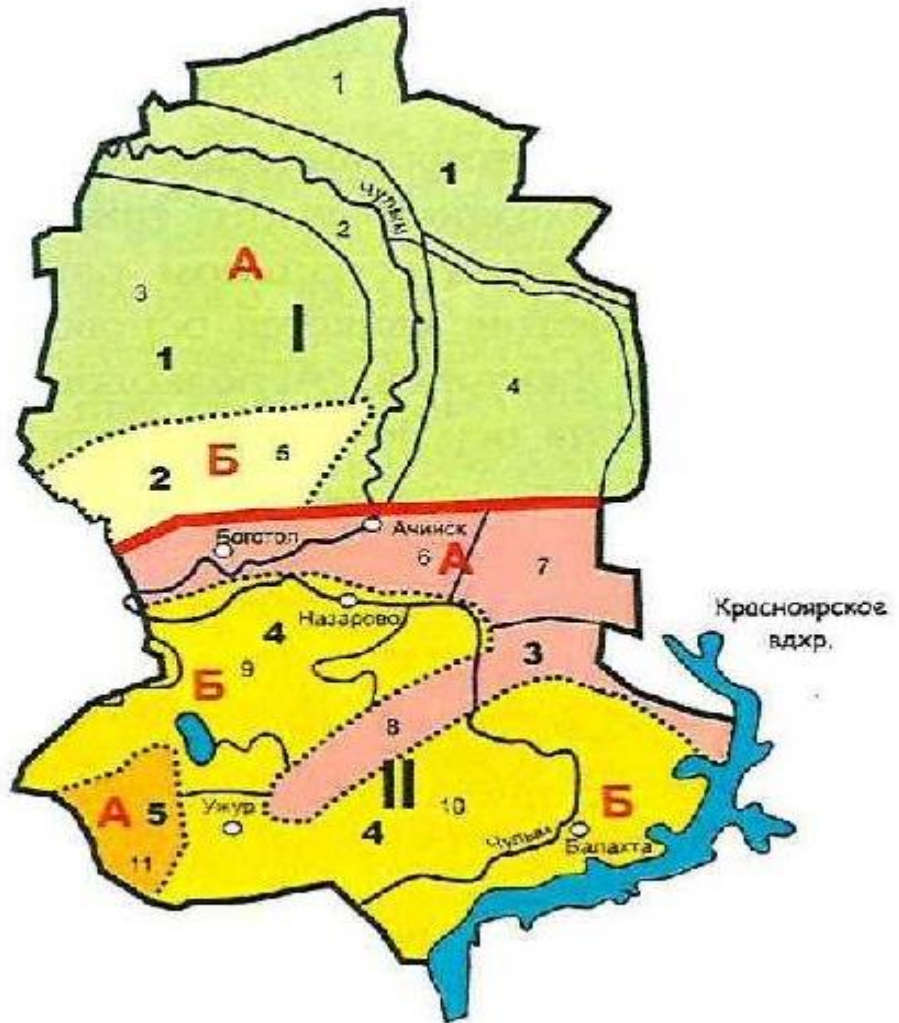


Рисунок 1 – Физико-географическое районирование Красноярского Причудымья (Атлас Красноярского края...1994)

Условные обозначения:		Ландшафтные области	
	Границы физико-географических стран.		1 Кеть-Чулымские возвышенные равнины с южно-таежными мелколиственными лесами (1-4)
I	Западно-Сибирская равнина		2 Чулымско-Четские равнины с лесостепями и подтаежными мелколиственными и светлохвойными лесами (5)
II	Алтае-Саянская горная		3 Восточный Саян с горно-таежными мелколиственными и темнохвойными лесами (6-8)
.....	Границы зон		4 Минусинские впадины с лесостепями, степями и подтаежными мелколиственными и светлохвойными лесами (9-10)
A	Зона тайги и редколесий		5 Салаирско-Кузнецкая горная система горно-таежными светлохвойными, мелколиственными лесами (11)
B	Зона подтайги, лесостепей и степей	4	Границы и номера ландшафтов

Красноцветные породы часто сочетаются с желто-бурыми облессованными делювиальными тяжелыми суглинками, занимающими пологие склоны и шлейфы.

В западной и северной частях округа имеют место различные материнские породы – от лессовидных суглинков и желто-бурых делювиальных тяжелых суглинков до бурых глин в предгорьях Солгонского кряжа. Речные долины заняты комплексом аллювиальных наносов разного гранулометрического состава.

Климат. Лесостепная зона характеризуется неоднородностью климатических показателей. Зима довольно продолжительная и весьма суровая, лето короткое и жаркое, обычно засушливое в первой половине. Весна холодная и сопровождается частыми и сильными ветрами. Нередко в это время увлажнение бывает недостаточным. Амплитуда колебаний крайних температур воздуха достигает 90-100°C. Весенние заморозки имеют весьма поздний характер. Характерно наступление осенних заморозков в первой и второй декаде сентября, в третьей декаде августа. Безморозный период составляет 90-115 дней.

Количество осадков по различным округам колеблется от 350-450 мм. Основная масса осадков выпадает во второй половине лета – в основном непродолжительными ливнями. Зимние осадки составляют 15-25% годовой нормы. Мощность снегового покрова небольшая, а с открытых и повышенных мест снег полностью сдувается – там почва обнажается и промерзает на большую глубину.

Господствующие ветры – западные и юго-западные. Около 200 дней в году ветры имеют скорость от 5 до 15, а в отдельные дни 18-20 м/сек. Сильные ветры, осадки ливневого характера вызывают во многих лесостепных районах развитие эрозионных процессов [2].

По степени обеспеченности теплом (1400-1600°C) зона относится к прохладному климатическому району.

Растительность. Для растительного покрова лесостепей характерно злаково-разнотравные травянистые ассоциации на водоразделах и настоящими

заболоченными лугами по логовам и долинам рек. Перелески располагаются по северным склонам, а также на водоразделах. Состав их травяного покрова носит характер разнотравья, где злаки теряются в основной массе двудольных. На открытых пространствах плоских увалов и их склонов, там, где сохранились среди пашен целинные участки, преобладают: клевер, вика, кровохлебка, чина, лабазник, гранатник, тысячелистник.

Участки лесов (перелески, колки) имеют или смешанный древостой, или образованы какой-либо одной породой (береза, реже лиственница, иногда сосна, и в качестве примеси – осина). В подлеске встречаются кустарники.

Гидрография. Абсолютное большинство рек принадлежит бассейну Енисея и только в западной части – бассейну Оби. Последний представлен рекой Чулымом и его притоками. Река Чулым сформировалась от слияния Белого и Черного Июсов, берущих начало в горах Кузнецкого Алатау и протекающих по территории Республики Хакасия. Чулым представляет собой равнинную реку с широкой поймой, сильно извилистым руслом, большим количеством островов и мелей. Ширина русла колеблется от 200 м – в летне-осеннюю и зимнюю межень и до 250 м – в весеннее половодье, в период летних и осенних паводков. Средняя высота подъема уровня воды в половодье – от 170 см (у пос. Балахта) до 270 см (у г. Ачинска), наибольшая соответственно от 250 до 470 см. Глубина реки в различные периоды колеблется от 1,0 до 4,0 м, скорость течения от 0,5 до 1,5 м/сек.

В период половодья, обычно в третьей декаде мая, иногда в начале июня, заливается пойма, а часто и первая надпойменная терраса. Продолжительность паводков – от одной до трех недель. К тому же летом наблюдается второй паводок.

Притоки р. Чулыма также имеют широкие заболоченные поймы, медленное течение, неглубокие. Весенне-летние паводки существенно снижают возможность интенсивного сельскохозяйственного использования прилегающих к этим рекам и речкам территорий.

Почвенный покров. Формы рельефа создают пестроту почвенного покрова. На данной территории черноземы обыкновенные, черноземы южные и черноземы выщелоченные – самые распространенные. В понижениях рельефа распространены лугово-черноземные почвы, а при более близком залегании грунтовых вод формируются луговые почвы. Солончаки и солонцы приурочены к плоским приречным или приболотным понижениям.

Глубокое промерзание почвы и формирование горизонта длительной сезонной мерзлоты, которое оказывает большое влияние на водные, воздушные, термические и биохимические процессы, является характерной особенностью влияния климата на почвообразовательные процессы. Влага мерзлого горизонта плохо усваивается растениями, корни их распространены в верхней части почвы и тем самым имеют ограниченную мощность использования. По мере оттаивания образуется холодный избыточно увлажненный горизонт, для которого характерны восстановительные процессы и оглеение питательных веществ. Практически водонепроницаемым является мерзлый горизонт.

В качестве основных особенностей влияния рельефа и почвообразующих пород на развитие и формирование почвенного покрова К.П. Горшенин (1955) выделяет следующее:

- во многих частях Средней Сибири резко проявляются орогенические процессы;
- во всех районах Средней Сибири происходят процессы размывания, которые наиболее резко проявляются в горных районах и меньше в расчлененных долинах;
- на расчлененных равнинах, куда сносятся с соседних возвышенностей мелкоземистые породы выветривания, господствуют рыхлые материнские породы. Современные поверхностные породы местами содержат реликтовые соли древних осадочных пород (девонские песчаники). Большинство пород карбонатны;

- в связи с расчлененностью рельефа грунтовые воды залегают глубоко и влияние на почвообразование не оказывают;

- какого-либо влияния на процессы почвообразования в условиях расчлененного рельефа Средней Сибири не наблюдается, так как солевые продукты почвообразования уносятся.

Черноземы Сибири по водно-физическим и агрохимическим свойствам существенно отличаются от европейских аналогов, что обусловлено сезонными изменениями температурного режима почв и характером промачивания. Содержание гумуса всех лесостепных почв находится в ряду подтипов: оподзоленные- выщелоченные- обыкновенные- южные. Согласно системе показателей гумусного состояния почв, черноземы оподзоленные характеризуются весьма высоким (10,3%) содержанием гумуса, выщелоченные (8,4%) и обыкновенные (7,7%) – высоким, южные (4,9 %) – средним. По профилю черноземов, распределение гумуса специфично и отражает их подтиповые различия. Оподзоленные черноземы всех лесостепных регионов имеют наибольшую мощность гумусового горизонта по сравнению с выщелоченными и обыкновенными. Самым укороченным гумусовым горизонтом отличаются южные черноземы, соответственно по мере нарастания сухости климата происходят закономерные изменения мощности гумусового профиля почв.

Несмотря на все разнообразие черноземов Средней Сибири по содержанию гумуса и его распределению по профилю, гранулометрическому составу они, формируясь в условиях резко континентального климата, менее устойчивы к воздействию при сельскохозяйственном освоении, в том числе при систематическом орошении, по сравнению с европейскими аналогами. Гумус черноземов Средней Сибири, по сравнению с черноземами европейской части, обеднен гуминовыми кислотами и отличаются слабой растворимостью. Отношение $C_{гк} : C_{фк}$ (углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот) в последних вдвое-трое меньше.

В резко континентальных районах Средней Сибири гумусообразование протекает в иной биоклиматической обстановке, чем в районах с умеренным климатом. Благоприятный период для работы микроорганизмов, более короткий, чем в европейских почвах и сдвинут на вторую половину лета [81, 150, 187]. Краткая продолжительность интенсивной биологической деятельности ослабляет темпы минерализации органического вещества. Образующиеся гуминовые кислоты быстро подвергаются консервации под влиянием частого летнего иссушения или сильного промораживания почв зимой. Они переходят в гумины – денатурируются, стареют и переходят в малоподвижное состояние. Велика вероятность высокой прочности связи гумусовых веществ с минеральными коллоидами.

Из-за тяжелого гранулометрического состава и высокого содержания органического вещества, емкость обмена выщелоченных и обыкновенных черноземов высокая. В связи с тем, что гумус падает по профилю, сумма обменных оснований прогрессивно уменьшается. У южных черноземов емкость поглощения колеблется с широкой амплитудой (15-45 мг-экв), но в составе поглощенных оснований довольно высокое содержание обменного магния. По мнению К.П. Горшенина [55] магний до известной степени выполняет здесь роль натрия.

У обыкновенных и южных черноземов в верхних горизонтах реакция среды нейтральная или слабощелочная, а с глубиной – слабощелочная и щелочная. Реакция почвенной среды в верхних горизонтах выщелоченных черноземов чаще всего кислая, с глубиной постепенно переходит в щелочную.

У обыкновенных и южных черноземов, особенно если они располагаются на нижних элементах рельефа на глубине встречаются засоленные горизонты.

Важным показателем плодородной почвы является ее структурно-агрегатный состав. Структурно-агрегатный состав почвы существенно влияет на условия роста и развития растений, изменяя ее физические свойства и связанные с ними воздушный, тепловой и пищевой режим почв, что в конечном итоге сказывается на продуктивности сельскохозяйственных культур.

Черноземы выщелоченные характеризуется хорошо выраженной микроагрегатностью, так в горизонтах А и АВ наиболее ценных микроагрегатов (крупнее 0,05 мм) содержится около 50%. Коэффициент дисперсности по всему профилю низкий, макроструктура выражена слабо. Характерной особенностью обыкновенных черноземов является их слабая оструктуренность, но в черноземах, которые по количеству гумуса приближаются к тучным, структура улучшается.

С потерей структурных агрегатов черноземами тесно связано ухудшение физических, водно-физических и физико-механических свойств, растет их объемная масса, снижается общая пористость, усиливается коркообразование и сопротивляемость крошению.

Формированию каждой разновидности почв присущ своеобразный комплекс природных условий: водно-солевой и тепловой баланс, естественный дренаж, материнская порода, характерные особенности растительного покрова и т.д.

На сегодняшний день районирование территории по возделыванию сельскохозяйственных культур в Средней Сибири осуществляется по биоклиматической концепции зональности и аazonальности климата. При этом выделяется природный округ в границах географической и геоморфологической провинции и дается характеристика по природной зоне – северная или южная лесостепь, равнинная или горная подтайга.

Таким образом, особенности почвообразовательного процесса черноземов Красноярского края обусловили своеобразный комплекс свойств, благоприятных при сельскохозяйственном использовании: высокое содержание гумуса, высокая емкость обмена, значительное содержание элементов питания и удовлетворительная их доступность растениям, близкая к нейтральной реакция почвенных растворов. В то же время черноземы обладают и рядом неблагоприятных для сельскохозяйственного использования свойств, которые особенно четко проявляются при водных мелиорациях, а именно: слабая оструктуренность и слабая водопрочность структурных агрегатов в гор. А, что

обуславливает легкую выпашиваемость почв; преобладание капиллярной скважности; незначительное содержание в вегетационный период продуктивной влаги» сравнительно высокая влажность завядания; глубокое промерзание и позднее оттаивание.

Разнообразие форм рельефа обуславливает пестроту почвенного покрова. В основном распространены черноземы обыкновенные, черноземы южные и черноземы выщелоченные. В понижениях рельефа распространены лугово-черноземные почвы, а при более близком залегании грунтовых вод формируются луговые почвы. Солончаки и солонцы приурочены к плоским приречным или приболотным понижениям.

Тип черноземных почв землепользования объекта исследования представлен следующими подтипами: выщелоченными, обыкновенными и южными. Черноземы в составе пахотных угодий являются преобладающим типом почв. Они сформировались в условиях умеренно влажного континентального климата под степной и лугово-степной растительностью на автоморфных местоположениях преимущественно на карбонатных породах.

Качественные и количественные особенности структуры почвенного покрова Минусинской провинции в значительной степени определяются разнообразием почвообразующих пород и геоморфологических условий. В почвенном покрове преобладают различные подтипы черноземов и щебнистые малоразвитые почвы на склонах. Каштановые, солонцы, солончаки и луговые занимают небольшие площади.

На рисунке 2 представлена картосхема почвенного покрова Минусинской впадины. В лесостепной зоне материнскими породами черноземов обыкновенных являются делювий коренных пород тяжелосуглинистые и глинистые. Материнскими породами черноземов обыкновенных степной зоны выступают делювий коренных пород и коричнево-палевые лессовидные тяжелые суглинки и глины, реже желто-палевые лессовидные суглинки.

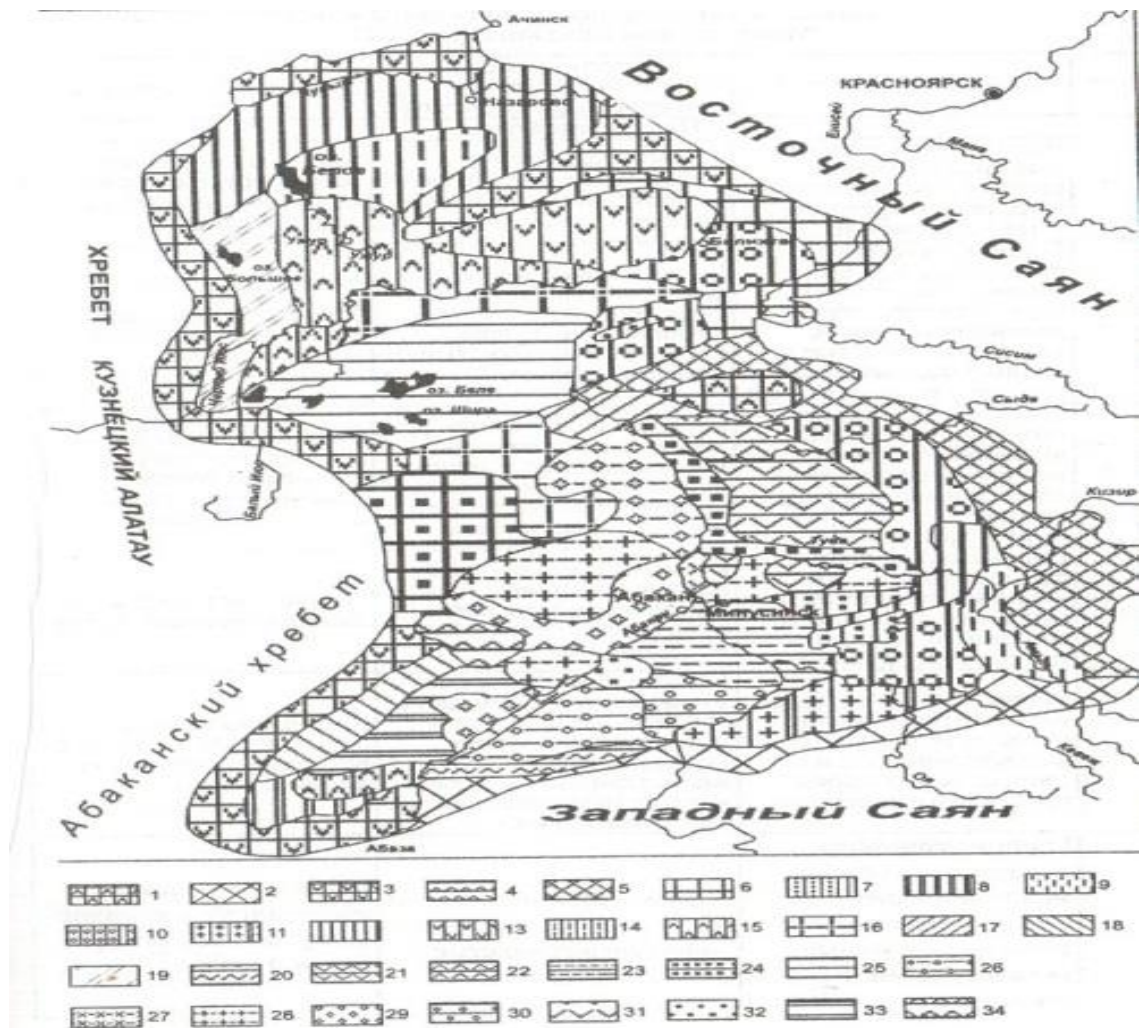


Рисунок 2 – Картограмма почвенного покрова Минусинской котловины

Легенда к схематической почвенной карте Минусинской впадины

	Господствующие почвы	Сопутствующие	Материнские породы
Лесостепная зона			
1	Черноземы обыкновенные и выщелоченные, маломощные и средне-мощные, преимущественно среднегумусные тяжелосуглинистые и глинистые	Черноземы южные маломощные и малогумусные темно-серые лесные тяжелосуглинистые и глинистые	Делювий коренных пород, преимущественно тяжелосуглинистый и глинистый

2	Горные черноземы обыкновенные и выщелоченные среднетощные и малотощные, среднегумусные и тучные тяжелосуглинистые и	Горные черноземы оподзоленные среднетощные тучные и горные темно-серые и серые лесные тяжелосуглинистые и глинистые	Делювий и реже элювий коренных пород, преимущественно тяжелого гранулометрического состава
Степная зона			
3	Черноземы обыкновенные и выщелоченные среднетощные среднегумусные и тучные, преимущественно тяжелого гранулометрического состава	Лугово-черноземные, реже черноземы оподзоленные и темно-серые тесные, преимущественно тяжелого гранулометрического состава	Делювий коренных пород и коричнево-палевые лессовидные тяжелые суглинки и глины, реже желто-палевые
4	Черноземы обыкновенные и выщелоченные среднетощные среднегумусные	То же, преимущественно суглинистого гранулометрического состава	Желто-палевый лесс и лессовидные суглинки
5	Черноземы обыкновенные среднетощные среднегумусные суглинистые и тяжелосуглинистые	То же	То же
6	Черноземы обыкновенные среднетощные и малотощные среднегумусные и малогумусные суглинистые, легкосуглинистые и супесчаные	Черноземы слабо выщелоченные среднетощные и малотощные, среднегумусные и легкосуглинистые, местами перевеваемые ветром пески и супеси	Желто-палевый лесс, лессовидные суглинки и супеси, местами перевеваемые речные и озерно-речные пески и супеси древних
7	Черноземы обыкновенные среднетощные среднегумусные и малогумусные, суглинистые и легкосуглинистые	Черноземы южные малотощные малогумусные суглинистые и легкосуглинистые, местами перевеваемые пески и супеси, а также малоразвитые щелочистые степные почвы	Желто-палевый лесс и лессовидные суглинки и супеси, местами элювий коренных пород и перевеваемые речные пески и супеси древних долин
8	Черноземы обыкновенные и южные малотощные и среднетощные, малогумусные - среднегумусные, тяжелосуглинистые, суглинистые и легкосуглинистые, часто щелочисто-хрящеватые, подстилаемые галечником древних и современных	Солонцы и сильносолонцеватые лугово-черноземные и черноземно-луговые солончачеватые и малоразвитые щелочистые степные почвы	Элювий, элювио-делювий и делювий коренных пород, пески и супеси древних долин и озерных котловин, современный аллювий различного механического состава

9	Черноземы южные и обыкновенные средне-мощные среднегумусные в комплексе с маломощными и малогумусными, преимущественно тяжелого гранулометрического состава	Малоразвитые щебнистые степные, черноземно-луговые солончаковые и солончаки	Элювио-делювий и делювий коренных пород тяжелого гранулометрического состава, реже щебнистый элювий
---	---	---	---

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Характеристика объектов исследования

Объекты исследования расположены на территории муниципального образования «Новоселовский» в зоне открытой лесостепи и степи на юге Красноярского края в Минусинской котловине. Земли сельскохозяйственного назначения на территории муниципального образования занимают площадь 248 206 га.

Рельеф местности характеризуется изрезанностью. В восточной части территории рельеф выработан эрозией и денудацией, и представляют куэстовые формы в виде гряд. Северная часть территории представлена пологими склонами, а южная – крутыми. Юго-западная часть местности приподнята и там возвышаются отдельные горные вершины в виде крупных сопок, а северо-западная часть представлена гривистым и грядовым рельефом. По пониженным элементам рельефа, по логам и ложинообразным местностям происходит размыв почвы, способствуя водной эрозии. Дефляции подвержены западные и юго-западные склоны, как наиболее ветроударные [167,195].

Почвообразующими породами являются отложения среднего и верхнего девона четвертичного возраста. Водоносный комплекс девонских отложений отличен повсеместным распространением и неблагоприятными условиями питания, вызванными развитием куэстово-грядового рельефа, что обеспечивает образование поверхностного стока без инфильтрации влаги атмосферных осадков. Из четвертичных отложений, имеющих повсеместное распространение, наиболее развиты элювиально-делювиальные. Представлены они суглинистыми и древесно-щебенистыми грунтами. Мощность их не постоянна и колеблется от 1,5 до 29 м. Суглинистые, неводоустойчивы; характеризуются высокой пористостью, склонны к просадкам.

Растительность. Флора представлена типичной для лесостепи растительностью. Облесенность территории значительная. Леса расположены в

поймах, балках и на склоне увалов небольшими массивами, колками. Естественная травянистая растительность сохранилась в логах, по покатым, крутым склонам холмов и увалов, и в пойме реки Чулым. Травянистый покров злаково-травянистый с такими представителями как овсяница луговая, мятлик, лисохвост, клевер красный, астрагал, мышиный горошек, чина, лабазник вязолистый, жарки, эспарцет сибирский, герань луговая и др.

Гидрографическая сеть представлена следующими реками: Чулым, Красноярское водохранилище (р. Енисей), небольшие речки Анаш, Куллог, Кама, Козын-дзюль, Бескиш шириной 0,8-6 м, глубиной до 0,5 м, имеют небольшую протяжённость и могут прерываться, исчезать, пересыхать. На территории имеются крупные бессточные озёра: Интикульское, Курганское. Берега у озер низкие, заросшие камышом и тростником. Вся речная сеть относится к бассейну рек Енисей и Чулым. Питание небольших рек и озёр происходит в основном за счёт поверхностного стока, частично за счёт грунтовых вод. Глубина залегания грунтовых вод в пониженных элементах рельефа от 1,0 до 3,0 метров, на равнине – 8,0-10,0 метров. Речки характеризуются паводковым режимом, который особенно выражен в весенний период ливневого выпадения осадков, как правило, в июле.

Территория отнесена к умеренному поясу, холодно-умеренному подполю, согласно *агроклиматическому* районированию [2].

В таблице 1 представлены характеристики агроклиматических ресурсов по метеостанции Светлолобово, ближайшей метеостанции от Новоселовского муниципального образования.

Продолжительность безморозного периода – 101 день, начало наступления этого периода третья декада мая, окончание – первая декада сентября. Зима морозная, продолжительная, начинается в первой декаде ноября. Средняя

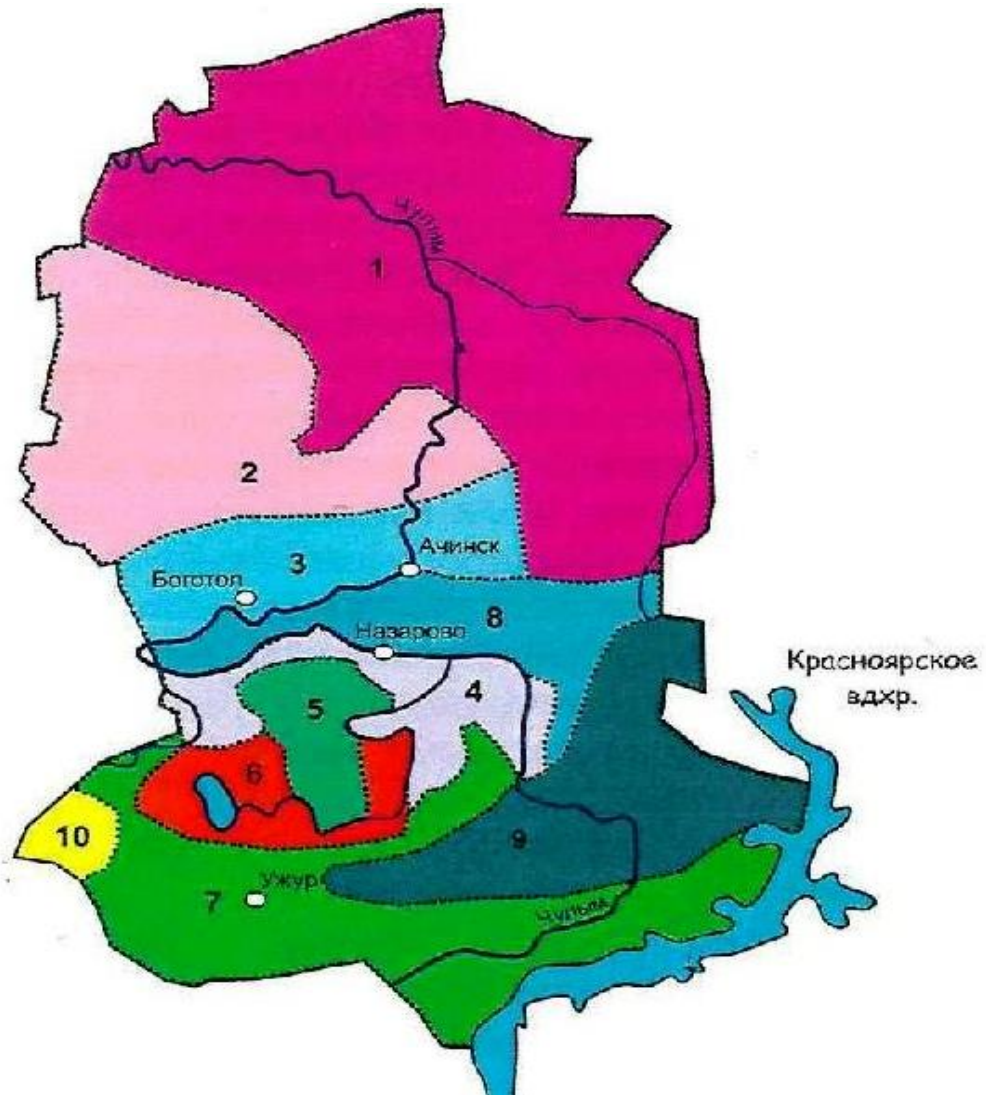


Рисунок 3 – Агроэкологические районы (Безруких, 2014)

1	Чиндат-Бирилюсский: прохладный район южно-таежных и подтаежных лесов
2	Тюхтет-Большеулуйский: умеренно прохладный район южно-таежных и подтаежных лесов
3	Ачинско-Боготольский: умеренно прохладный район подтаежных и горно-таежных лесов
4	Назарово-Березовский: умеренно прохладный лесостепной район
5	Крутоярский: прохладный лесостепной район
6	Шарыпово-Локшинский: умеренно прохладный лесостепной и степной район
7	Ужур-Новоселово – Балахтинский прохладный лесостепной и степной район
8	Аргинский: низкогорный прохладный район
9	Солгонский: низкогорный холодный район
10	Кузнецко-Алатаусский: низкогорный холодный район продуктивности земель

температура самого холодного месяца января -30°C , самого тёплого, июля – $+28,7^{\circ}$. Снежный покров появляется в конце второй декады октября, с частыми оттаиваниями и промораживаниями. Образование устойчивого снежного покрова приходится на первую декаду ноября. Высота снежного покрова на открытом месте в среднем составляет 19 см, максимальная – 38 см, средняя глубина промерзания почвы – 194 см. Высотные отметки с ярко выраженным рельефом и древесными культурами концентрируют основную часть запасов снеговой воды при снегопереносе. Средние запасы снега составляют порядка 400-450 м³/га, тогда как в логах восточной экспозиции концентрируется до 800-1000 м³/га, на северных склонах – до 900-1700 м³/га снеговой воды. Таяние снегов происходит в три периода: первый – солярный – совпадает по времени с концом марта, он абсолютно не влияет на влажность почвы и эрозию.

Второй – массового таяния на открытых поверхностях – вызывает локальную ручейковую эрозию. Наибольшую опасность для плодородия почв представляет период таяния снегов в логах и лесных массивах, тем более, что временные водные потоки ежегодно идут по одним направлениям и вызывают овражную эрозию [167].

Лето начинается с середины мая, когда средняя суточная температура воздуха устанавливается выше 10°C , средняя продолжительность вегетационного периода длится 151 день.

Средняя годовая сумма осадков на территории района – 340 мм, из них в период роста и развития растений выпадает 287 мм. Сильные ветры, а иногда пыльные бури, которые проявляются в конце апреля, в начале мая иссушают почву, усугубляют засушливость климата, обуславливая дефляцию почвы. Господствующими ветрами являются западные и юго-западные.

Своеобразные рельефные, климатические условия почвообразования требуют строжайшего соблюдения агротехнических мероприятий по обработке почв, накоплению влаги и борьбе с эрозией.

Почвенный покров характеризуется различными типами почв черноземного ряда. Расположение типов и подтипов почв тяготеет к рельефу

местности. По пологим и слабопокатым склонам холмов и увалов, по межувальным понижениям, расположенных северной и восточной части территории располагаются черноземы выщелоченные. По пологим, слабопокатым склонам южной и западной экспозиции, по вершинам невысоких плоских увалов распространены обыкновенные черноземы. По крутым, покатым и слабопокатым северным и восточным склонам холмов и увалов, по вершинам высоких увалов распространены темно-серые и серые лесные почвы. По южным склонам небольшое распространение имеют черноземы карбонатные малогумусные маломощные часто щебнистые и подверженные ветровой эрозии. По северным, восточным склонам холмов увалов и их шлейфам значительно распространены черноземы оподзоленные различной мощности, в основном тучные и среднегумусные. По логам и лоцинообразным понижениям сформированы луговые и лугово-черноземные почвы, по заболоченным логам и старицам – лугово-болотные почвы. В пойме реки Чулым почвы пойменные – пойменно-слоистые, темно-бурые и темноцветные. По заболоченным низинам – лугово-болотные и аллювиально-болотные почвы. Почти все пахотные участки в различной степени подвержены ветровой и водной эрозии.

Преобладающими типами почв являются черноземы обыкновенные и занимают 54,0% площади. Мощность гумусового горизонта колеблется в пределах от 25 до 80 см в зависимости от степени эрозии и дефляции, а содержание гумуса в горизонте А – от 4 до 7,7%. Черноземам обыкновенным присуща высокая емкость поглощения – в пределах от 32 до 65 мг-экв на 100 г почвы. Подстилающие (материнские) породы – девонские глины, в отдельных случаях – щебень. В бассейне озера Толстый Мыс и по понижениям мезорельефа встречаются черноземы обыкновенные различной степени засоления (глубокозасоленные, глубокосолончаковатые, солончаковатые, солончаковые). Их отличает низкая и средняя водопроницаемость, коэффициент фильтрации в зависимости от гранулометрического состава и состояния почвы варьирует от 0,08 до 1,31 мм.

2.2 Схема опытов и методика проведения исследований

Мониторинговые исследования проводились на ключевых участках стационара «Новоселово», расположенного в лесостепной зоне в провинции разновидностей черноземов обыкновенных Чулымо-Енисейского южного округа, сформированного на лессовидных суглинках четвертичных отложений. Изучались физические, агрохимические свойства черноземов обыкновенных (гранулометрический состав, структурное состояние, плотность сложения, гумус, азот, фосфор, калий, сумма поглощенных оснований) разных видов хозяйственного использования (целинные, пахотные и постирригационные) в период с 1997 по 2017 год. Исходной информацией являются анализ литературных источников и фондовых материалов, результаты полевых исследований и лабораторных анализов.

Для изучения водного режима черноземов в годы расчетной обеспеченности осадками были заложены вегетационно-полевые опыты.

Схема опыта по изучению водного режима чернозема обыкновенного:

1-й вариант – контроль (без орошения);

2-й вариант – предполивной порог увлажнения 80% НВ;

Повторность опыта четырехкратная. Влажность почвы определялась на постоянных наблюдательных площадках подекадно, а также до и после полива. Культура – многолетние бобово-злаковые травосмеси. Учет продуктивности трав осуществляли сплошным методом. С каждой делянки, для взвешивания, бралась зеленая масса, средняя проба – в 1,0 кг для определения сухого вещества. Продуктивность трав во всех опытах приводилась к 16% влажности. Результаты учета обрабатывались математическим методом дисперсионного анализа [8,9,63].

Исследования проводились в период 2013-2017 гг. в землепользовании АО «Новоселовский». Водно-физические и агрохимические свойства чернозема обыкновенного до закладки опытов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства черноземов обыкновенных опытного участка

Слой, см	Плотность, г/см ³	Водно-физические свойства, мм				Гумус, %	Агрохимические свойства, мг/100 г		
		НВ	МГ	ВЗ	ДАВ		NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O
0-10	1,12	31,5	10,0	15,0	16,5	5,01	4,1	18,1	22,5
10-20	1,15	31,5	10,7	16,0	15,5	4,18	4,7	16,2	15,8
20-30	1,19	32,0	11,3	17,0	15,0	3,24	3,0	9,1	9,9
30-40	1,22	31,0	12,2	18,3	12,7		2,4	9,2	9,4
40-50	1,27	31,6	13,4	20,1	11,5		2,1	9,4	9,2

Анализ почвенных образцов проводился в Федеральном государственном бюджетном учреждении государственного центра агрохимической службы «Красноярский» (ФГБУ ГЦАС «Красноярский»).

Содержание гумуса проводился по методу Тюрина в модификации ЦИНАО [49]. Общий азот определялся фотометрическим методом «индофеноловой зелени» по ЦИНАО[48]. Валовой фосфор – обработкой кислотами по методу Гинзбург. Содержание калия на пламенном фотометре [50]. Реакцию почвенного раствора pH определяли иономером с погрешностью измерений не более 0,05 pH [51]. Водная вытяжка проведена по Б.В. Аринушкиной (1970)

В водных вытяжках почв, грунтов, природных водах определяли pH, электропроводность, ионы NO₃⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺.

Обменный кальций и обменный (подвижный) магний (Ca²⁺, Mg²⁺), определены на атомно-абсорбционных спектрофотометрах [52] пламенном фотометре (Na⁺, K⁺), Ca²⁺, Mg²⁺ – для контроля – трилонометрически.

Образцы на водно-физические свойства отбирались буром Н.А. Качинского [83] по 0,1 м слоем сплошной колонкой до глубины 0,5 м и в них определялись: плотность – методом режущего кольца, плотность твердой фазы почвы – методом Качинского, максимальная гигроскопичность – по Николаеву, наименьшая влагоемкость – методом заливаемых площадок, влажность завядания и диапазон активной влаги – расчетным методом, водопроницаемость методом трубок, разработанным Н.А. Качинским. Влажность почвы определяли

термостатно-весовым методом. Водно-физические свойства изучались по общепринятым методикам почвенных исследований [3, 29, 83, 166]. Агрохимические свойства почвы изучались в соответствии Методических указаний..., [4].

При помощи использования программного комплекса SPSS, проводилась статистическая обработка однофакторных и двухфакторных опытов.

2.3 Метеорологические условия в годы исследований

Водный режим черноземов обыкновенных изучался в вегетационно-полевых опытах в 2013-2017 годах. По показателю увлажнения [184] влагообеспеченность в периоды роста и развития сельскохозяйственных культур, в годы исследований характеризовались как недостаточно увлажненные (таблица 3).

Таблица 3 – Влагообеспеченность вегетационного периода (2013-2017 гг).

Год	Месяцы						Показатель увлажнения
	май	июнь	июль	август	сентябрь	май- сентябрь	
Норма	0,12	0,27	0,37	0,43	0,48	0,33	недостаточный
2013	0,33	0,51	0,32	0,62	0,35	0,43	недостаточный
2014	0,58	0,26	0,27	0,28	0,40	0,36	недостаточный
2015	0,13	0,20	0,35	0,37	0,34	0,28	недостаточный
2016	0,10	0,22	0,55	0,58	0,44	0,38	недостаточный
2017	0,23	0,08	0,39	1,01	0,30	0,40	недостаточный

Метеорологические условия (сумма осадков по месяцам, среднесуточная температура воздуха, среднесуточный дефицит влажности воздуха) за вегетационный период по годам исследований представлены в таблице 4. Среднегодовое количество осадков по изучаемой территории составляет около 288 мм.

По метеорологическим показателям годы исследований были близки к среднегодовым значениям, за исключением 2013 года по количеству выпавших осадков (выше нормы на 30,9 мм). Среднесуточная температура воздуха в условиях 2014 года была ниже нормы на 0,6 градуса. Среднесуточный дефицит влажности воздуха в

условиях вегетационного периода 2013 года был ниже нормы на 1,0 мб, а в 2015 году на 2,0 мб выше.

Таблица 4 – Метеорологические условия в годы исследований по месяцам

Показатель	Год	Месяцы					
		май	июнь	июль	август	сентябрь	май-сентябрь
Осадки, мм	Средние данные	33,0	58,0	74,0	64,0	58,8	287,8
	2013	44,5	94,4	57,7	70,0	42,3	318,7
	2014	61,4	54,6	62,9	49,8	52,1	280,8
	2015	27,2	51,1	84,1	70,0	48,7	281,1
	2016	18,3	55,0	83,0	74,0	51,4	281,7
	2017	45,7	22,4	67,1	125,8	36,7	297,7
Средне-суточная температура воздуха, °С	Средние данные	9,0	15,4	17,8	14,8	10,9	12,5
	2013	8,0	14,5	17,0	16,0	10,2	12,0
	2014	6,5	15,1	18,4	16,0	9,9	11,9
	2015	10,6	16,9	19,1	16,2	9,7	12,7
	2016	8,2	17,7	19,5	15,4	10,0	12,6
	2017	10,9	18,3	18,0	15,5	9,8	12,7
Средне-суточный дефицит влажности воздуха, мб	Средние данные	5,8	7,3	6,4	4,8	4,1	5,7
	2013	4,3	6,1	5,7	3,6	3,9	4,7
	2014	3,4	7,1	7,5	5,8	4,3	5,6
	2015	6,6	8,4	7,8	6,0	4,8	6,7
	2016	5,6	8,4	4,9	4,1	3,9	5,4
	2017	6,3	9,3	5,5	4,0	4,1	5,8

В целом можно отметить, что в годы наших исследований, температура воздуха и осадки варьируют как по годам, так и по месяцам.

Таким образом, программа исследований предусматривала мониторинговые исследования физических и агрохимических свойств черноземов обыкновенных во времени на землях разного хозяйственного использования. Были заложены вегетационно-полевые опыты по изучению и оптимизации водного режима почв в годы различной обеспеченности осадками и влияния увлажнения почвы на продуктивность сельскохозяйственных культур.

ГЛАВА 3 ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ

ОБЫКНОВЕННЫХ ОТ ВИДОВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

3.1 Гранулометрический состав и агрофизические свойства

Общеизвестно, что гранулометрический состав оказывает весьма важное влияние на процессы почвообразования и сельскохозяйственное использование почв. От гранулометрического состава почв и почвообразующих пород в значительной степени зависит интенсивность многих почвообразовательных процессов, связанных с превращением и накоплением органических и минеральных соединений в почве. Также от гранулометрического состава почвы зависят водно-физические, физико-механические свойства почв, воздушный, температурный, водный и пищевой режим почв, содержание гумуса. Содержание илестых частиц имеет особое значение в гранулометрическом составе почвы, так как в состав илестых фракций входит поверхностно- активная коллоидная часть почвы, которая способствует накоплению анионов и катионов, аккумуляции гумуса. Характерной особенностью черноземов обыкновенных Южно-Минусинской котловины является слабая дифференциация профилей по гранулометрическому составу при тенденции опесчанивания с глубиной [54].

В пределах изученной территории черноземы обыкновенные имеют преимущественно средне- и тяжелосуглинистый состав с незначительным содержанием скелета (0-1%).

В пахотных черноземах обыкновенных наибольшее содержание физической глины отмечено в верхних горизонтах почвы. По всему почвенному профилю отмечается пестрота гранулометрического состава. Количество физической глины в пределах 123 см толщи изменяется от 23 до 58% , ила – от 10 до 23%. Начиная, с глубины 62 см происходит резкое уменьшение содержания физической глины. Почвы четко дифференцированы на три слоя по содержанию физической глины: в слое 0-32 см содержится физической глины 49,6 – 52,4%; 34-52 см – 21,9%; 62-123 см – 10,4 – 11,2%. В полуметровом слое почвы, до переходного горизонта ВС, содержание песчаной фракции колеблется

в пределах 12,3-14,5%. По количеству песчаной фракции происходит увеличение вниз по профилю почвы, что вероятно связано не с процессами почвообразования, а с разнообразием пород, на котором сформировались данные типы почв (таблица 5).

Таблица 5 – Гранулометрический состав чернозема обыкновенного (пахотные почвы)

Горизонт	Глубина, см	Размер фракций, %					
		>0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
А	0-25	13,1	16,5	20,8	12,6	13,5	23,5
АВ _к	26-32	14,5	14,7	18,4	14,2	15,6	22,6
В _к	34-45	12,4	14,5	15,6	17,1	18,4	22,0
ВС _к	46-52	12,3	14,9	15,2	17,0	18,8	21,8
С _к	62-89	19,9	21,5	24,6	12,1	11,5	10,4
С	110-123	25,6	39,9	11,6	3,8	7,9	11,2

Содержание фракций крупной пыли в полуметровом слое почвы снижается вниз по профилю, тогда как в этом же слое почвы фракции средней и мелкой пыли имеют тенденцию к увеличению (рисунок 4).

На постирригационных участках содержание илистой фракции в верхних горизонтах почвы было значительно меньше, чем при богарном земледелии. Анализ гранулометрического состава показывает, что длительное орошение привело к миграции илистой фракции вниз по профилю. Содержание илистой фракции в слое 0-45 см составляет 15,2-16,9%, что по сравнению с пахотными почвами на 6,6% меньше. Затем в слое почв 46-62 см идет резкое повышение илистой фракции до 26,2%, и в нижележащих горизонтах почвы отмечено падение этого показателя до 10,4 – 11,2%. В целом, содержание физической глины в горизонтах А, В колеблется в пределах 38,3-45,7%, с глубиной наблюдается уменьшение содержания этой фракции до 32-33,3%.

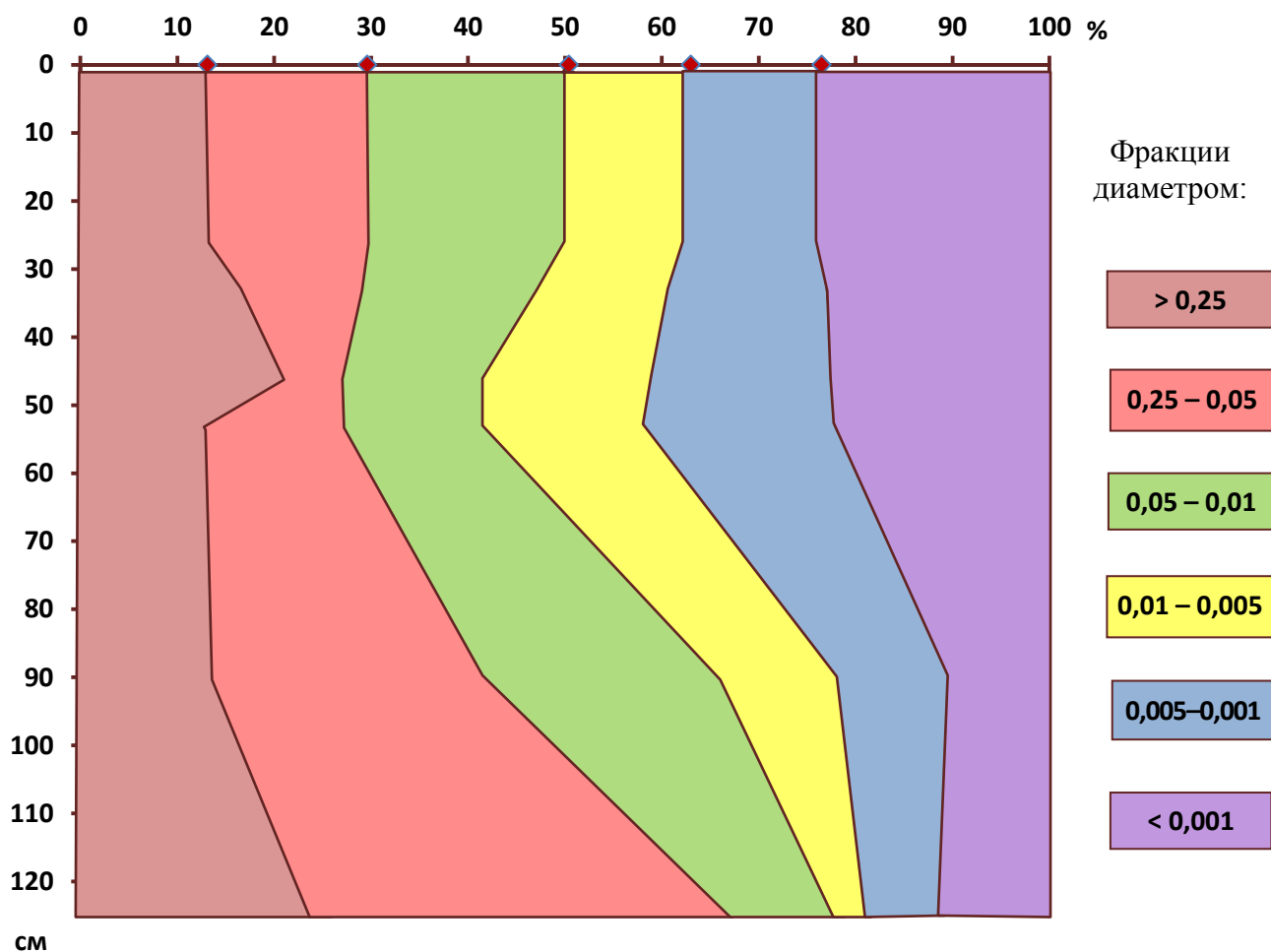


Рисунок 4 – Распределение гранулометрической фракции чернозема обыкновенного (пахотные)

В таблице 6 представлены результаты анализа гранулометрического состава почв постирригационного участка.

Таблица 6 – Гранулометрический состав чернозема обыкновенного (постирригационная)

Горизонт	Глубина, см	Размер фракций, %					
		>0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
A	0-25	17,2	19,1	21,4	14,8	12,3	15,2
AB _к	26-32	16,6	18,6	20,6	15,8	12,3	16,1
B _к	34-45	14,4	19,0	20,9	15,4	13,4	16,9
BC _к	46-52	16,2	16,3	19,3	11,9	10,1	26,2
C _к	62-89	20,2	22,5	25,3	12,4	10,2	9,4
C	110-123	24,3	21,4	21,0	13,1	10,4	9,8

На долю песчаной фракции приходится 36,3% в общей структуре гранулометрического состава почв в верхнем 0-25 см слое почвы. Песчаная фракция имеет тенденцию к увеличению вниз по профилю почв. Если в слоях 0-45 см почвы эта фракция составляла 14,4-17,2%, то в нижних – 20,2-24,3% (рисунок 5).

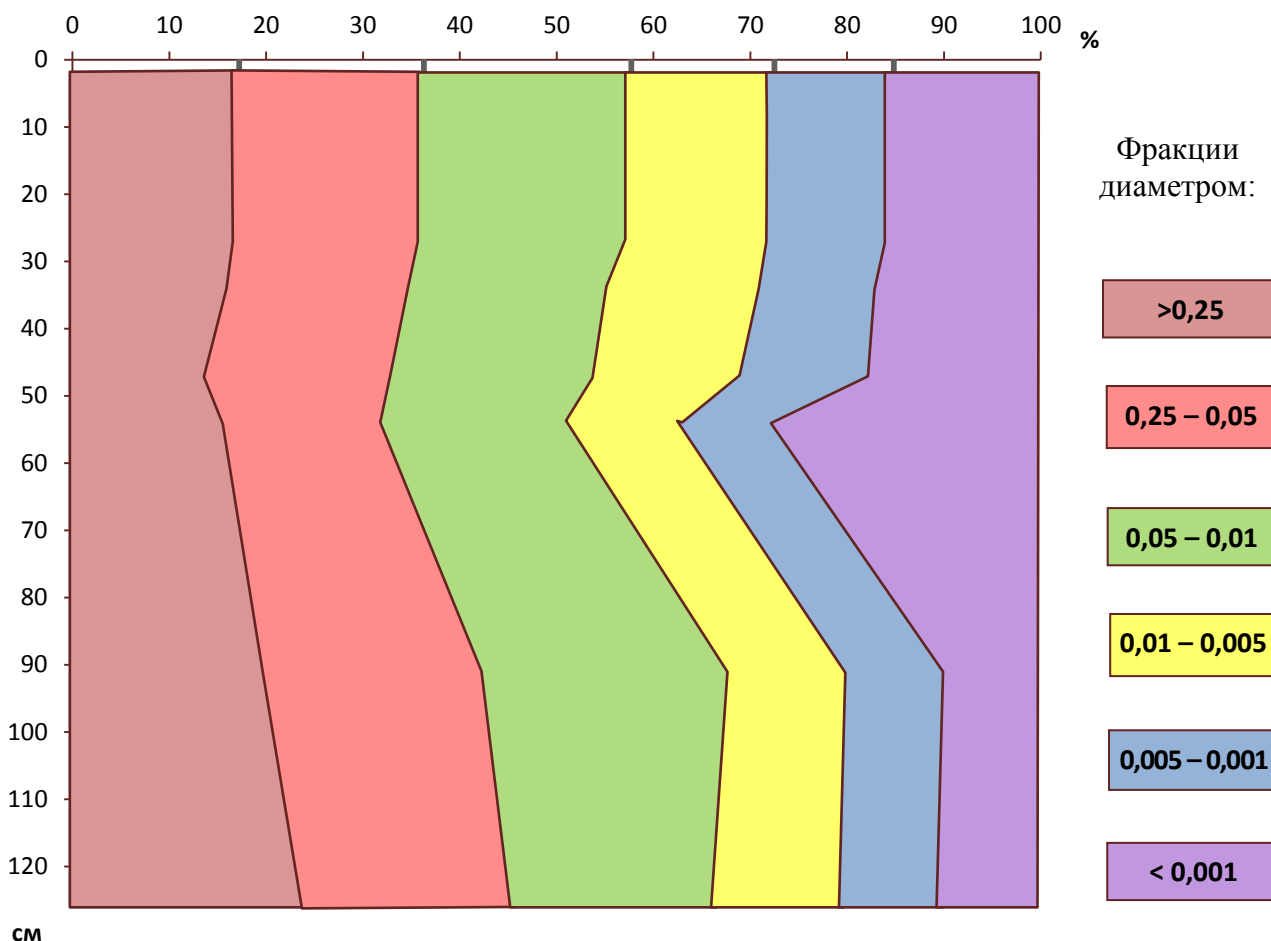


Рисунок 5 – Распределение гранулометрической фракции чернозема обыкновенного (постирригационные)

Содержание фракций пыли в пахотном слое почвы составляет 48,5%, причем на долю мелкой пыли приходится 12,3%. Изменение содержания фракций пыли до 45 см слоя почвы незначительно. Илистая фракция в этом же слое почвы составляет 15,2%. Самое высокое содержание илистой фракции обнаружено в слое почвы 46-52 см – 26,2%. Таким образом, илестая фракция, как наиболее динамичная, мигрирует вниз по профилю с инфильтрующейся

водой. Наши исследования согласуются с исследованиями [170], а также с результатами опытов, проведенными А.И.Куликовым и др. [113] на Халютинской оросительной системе Республики Бурятия.

Плотность сложения. Основными параметрами, определяющими физические свойства и режимы, являются: плотность сложения гранулометрический состав, и, как следствие, плодородие. Плотность сложения – величина непостоянная, изменяется в пространстве и во времени. Изменение может происходить как в течение длительного промежутка времени, что связано с меняющимися условиями почвообразования, так и в течение одного года в зависимости от водного режима почв. Антропогенными факторами, приводящими к уплотнению поверхностных слоев почвы, может быть обработка почв тяжелой сельскохозяйственной техникой, и также орошение грузными поливными нормами [30, 45, 86, 128, 140, 169].

В процессе сельскохозяйственного использования, черноземы обыкновенные способны к переуплотнению, образованию плужной подошвы на глубине 18-22 см. В свою очередь плужная подошва препятствует проникновению осадков и поливной воды на глубину корнеобитаемого слоя почвы, что ведет к эрозии и потере плодородия.

Нами были проведены исследования изменения плотности сложения изучаемых почв от разного хозяйственного использования. В целинных почвах существенных изменений в плотности сложения не наблюдалось во времени и является характерной величиной для данного типа почв. Такая же тенденция во времени сохраняется на старопахотных почвах. На постирригационных участках плотность сложения в верхнем 0-20 см слое почвы составляет $1,25 \text{ г/см}^3$, а в нижних слоях почвы наблюдается некоторое увеличение этого показателя. Влияние орошения на плотность сложения изучаемых почв сопряжено с поливными нормами. Как видно из таблицы 7, орошение грузными поливными нормами приводит к уплотнению корнеобитаемого слоя почвы.

Таблица 7 – Изменения плотности сложения чернозема обыкновенного разного хозяйственного использования, г/см³

Годы исследований	Слой, см	Целинные	Пахотные	Постирригационные	ирригационные		
					300 м ³ /га	500 м ³ /га	700 м ³ /га
1997	0-20	1,13	1,06	-	1,09	1,21	1,31
	20-40	1,17	1,11	-	1,12	1,23	1,34
2017	0-20	1,14	1,07	1,25	1,08	1,24	1,32
	20-40	1,17	1,13	1,29	1,13	1,25	1,36

Полив нормой 300 м³/га не влияет на уплотнение корнеобитаемого слоя почвы, более того, способствует к снижению плотности сложения, что по-видимому связано с улучшением структурного состояния почвы под многолетними бобово-злаковыми травосмесями. Поливные нормы 500 м³/га и 700 м³/га обуславливают неблагоприятные физические свойства почвы, что приводит к более заметному уплотнению почвы (рисунок 6).

плотность сложения, г/см³

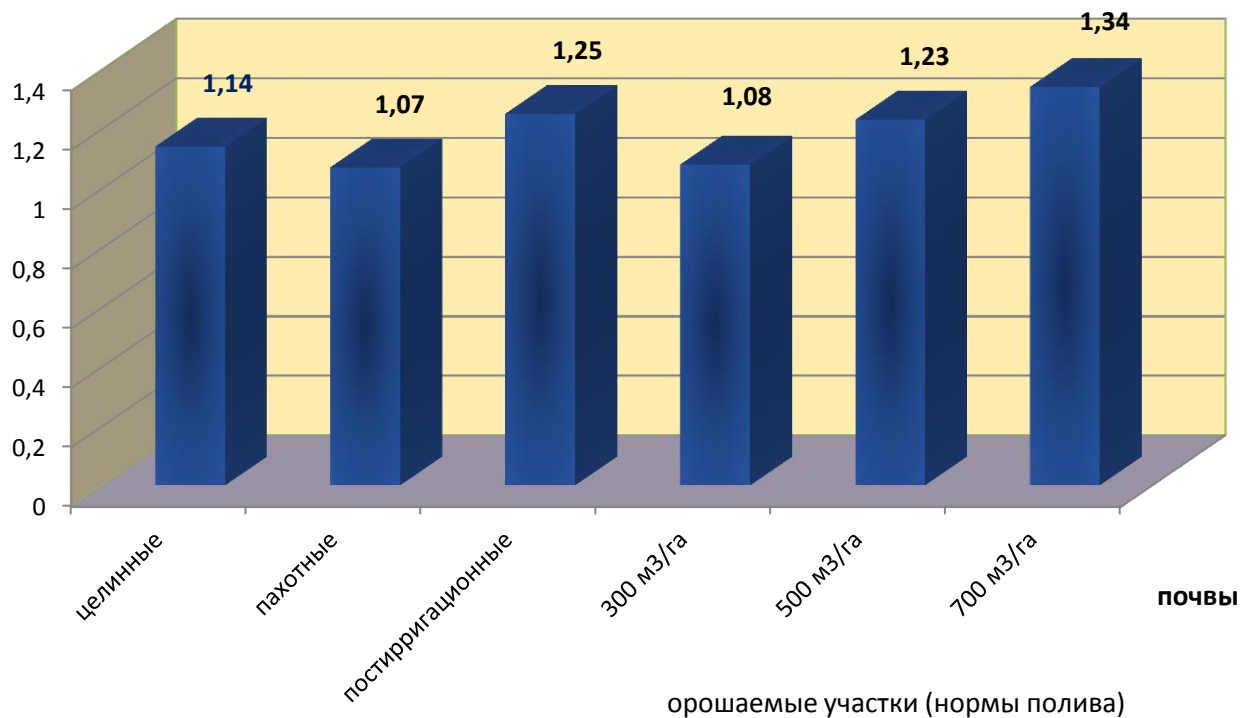


Рисунок 6 – Изменения плотности сложения почв разного хозяйственного использования

Согласно вариационно-статистическому анализу показателей плотности сложения изучаемых черноземов, известно, что достоверно значимые различия между орошаемыми и неорошаемыми черноземами наблюдаются только при поливных нормах 500 м³/га и 700 м³/га, в то время как при поливной норме 300 м³/га различия незначительны и математически недоказуемы. Также нет существенных различий по годам исследований (приложение А).

Общая порозность почвы. На общую порозность почвы большое влияние оказывает, прежде всего, структурное строение почвы: чем почвы структурнее, тем общая порозность больше (поскольку, помимо заключенных в комках пор, эти почвы имеют промежутки, находящиеся между структурными отдельностями). Всякое разрушение почвенной структуры, которое происходит в результате воздействия на почву природных и антропогенных факторов или вследствие неправильной обработки почв, ведет за собой уменьшение общей порозности почвы.

Как видно из таблицы 8, общая порозность имеет наилучшие показатели в верхних горизонтах почвы в целинных, пахотных и орошаемых почвах при норме полива 300 м³/га и в классификации Н.А. Качинского (1970) характеризуется как «отличная». Такие высокие значения общей порозности характерны для почв с высоким содержанием органического вещества. Довольно высокие значения общей порозности характерны для почв постирригационного участка (49,8% в слое 20-40 см, 52,1% в верхнем слое).

Таблица 8 – Изменение общей порозности чернозема обыкновенного, %

Годы исследований	Слой, см	Целинные	Пахотные	Постирригационные	ирригационные		
					300 м ³ /га	500 м ³ /га	700 м ³ /га
1997	0-20	55,8	57,6	-	57,2	51,8	47,3
	20-40	51,3	55,2	-	54,9	50,4	46,1
2017	0-20	55,2	56,9	52,1	57,8	50,2	45,6
	20-40	51,9	53,3	49,8	53,9	49,5	44,1

При норме полива $500 \text{ м}^3/\text{га}$, общая порозность в слоях почвы 0-20 и 20-40 см составляет соответственно 50,2; 51,8% и 49,5; 50,2% и переходит в градацию «удовлетворительная», при норме $700 \text{ м}^3/\text{га}$ – «неудовлетворительная» (рисунок 7).

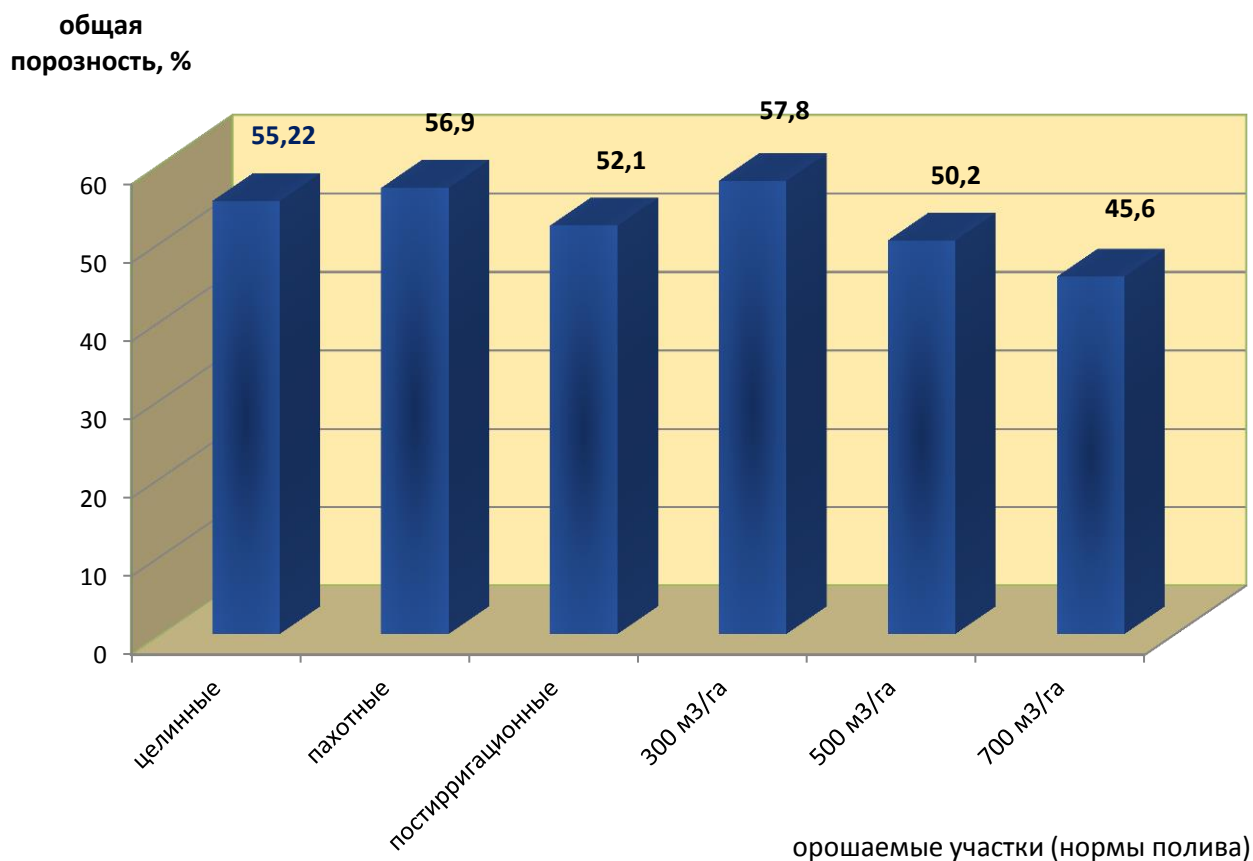


Рисунок 7 – Изменение общей порозности почв разного хозяйственного использования

Дальнейшее орошение высокими нормами приводит более негативным процессам и особенно это заметно в нижележащих слоях почвы, что статистически доказуемы (приложение Б).

Водопроницаемость почв. Водопроницаемость почв – одна из важнейших гидрологических характеристик почвы, особенно в орошаемом земледелии. От нее зависит впитывание осадков и поливных вод, интенсивность формирования поверхностного и внутрипочвенного стока, интенсивность водной эрозии.

Водопроницаемость почв в большей степени зависит от гранулометрического состава, плотности сложения, общей порозности, структурности и исходной влажности почвы. Целинные черноземы, обладая прекрасным структурно-агрегатным составом и благоприятными физическими свойствами, характеризуются оптимальными показателями водопроницаемости. В наших опытах заметны изменения водопроницаемости при безнапорном впитывании – скорость отличалась малой динамичностью в пространстве и во времени и варьировала от 4,9-5,6 мм/мин в первый час и до 2,9-3,3 мм/мин в шестой час. Отношение максимальных величин водопроницаемости к минимальным равно в среднем 1,68. За первый час наблюдений целинные черноземы обыкновенные способны впитывать 300-340 мм влаги, а всего за 6 часов наблюдений – 1100-1300 мм, что в соответствии с оценочной шкалой Н.А. Качинского является наилучшей.

На пахотных черноземах, в первый час наблюдений, водопроницаемость снижается от 3,4 мм/мин до 2,9 мм/мин, а к концу наблюдений составляет 1,8 мм/мин. По сравнению с соответствующими аналогами скорость водопроницаемости за 6 часов наблюдений уменьшается в 1,2-2,1 раза. Отношение максимальных величин водопроницаемости к минимальным увеличивается до 2,2-2,5. Установлено варьирование скорости впитывания на всех интервалах наблюдений, но наибольшее уменьшение скорости впитывания характерно в первый час наблюдений. Главной причиной ухудшения водопроницаемости пахотных черноземов можно объяснить неблагоприятными изменениями структурно-агрегатного состава, плотности сложения, что приводит к перестройке порового пространства. И также немаловажное значение имеет применение тяжелой сельскохозяйственной техники, которая оказывает уплотняющее действие на почвы.

Водопроницаемость почв постирригационного участка в первый час наблюдений более чем в два раза меньше, чем на целинных черноземах и на 1,3 мм/мин меньше, чем на пашне.

На орошаемом участке величина водопроницаемости низкая, что свидетельствует о насыщенности почв влагой. Также здесь возможна почва уплотнена вследствие разрушающего действия поливной воды на почвенную структуру. В таблице 9 представлены различия по водопроницаемости на разных участках хозяйственного использования.

Таблица 9 – Водопроницаемость чернозема обыкновенного, мм/час

Участок	часы наблюдений						среднее
	1	2	3	4	5	6	
целина	315	270	231	210	201	186	235,5
пашня	189	156	123	102	108	114	132
постирригационный	117	102	90	81	75	69	89
орошаемый	51	48	45	39	30	18	38,5

Вовлечение черноземов в орошаемое земледелие имеет двойное значение по изменению водно-физических свойств. В исследованиях, где поливные нормы составляли 300 м³/га, не наблюдалось существенных изменений скорости впитывания по сравнению с освоенными аналогами. Орошение с выдачей больших поливных норм привело к изменению водопроницаемости черноземов, скорость впитывания в первый час наблюдений уменьшился в 1,5-1,7 раза.

Результаты наших исследований согласуются с исследованиями [91,92,128,151,152], проведенными по изучению влияния орошения на черноземные почвы, которые утверждают, что орошаемые черноземы обыкновенные в процессе сельскохозяйственного использования способны к образованию плужной подошвы на глубине 18-22 см. В свою очередь плужная подошва препятствует проникновению осадков и поливной воды на глубину корнеобитаемого слоя почвы, что ведет к эрозии и потере плодородия.

На рисунке 8 представлена водопроницаемость чернозема обыкновенного в зависимости от освоения.

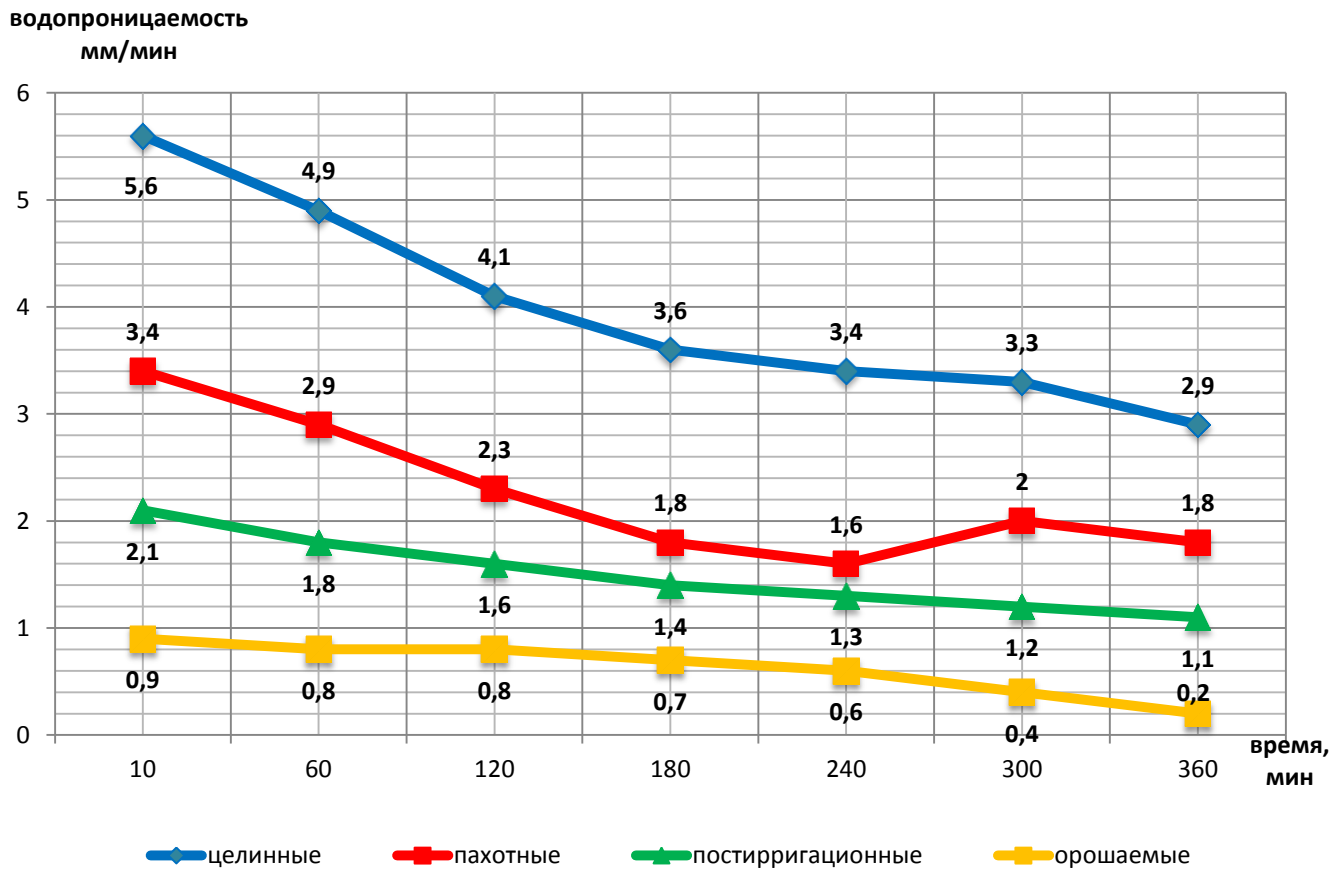


Рисунок 8 – Водопроницаемость чернозема обыкновенного, 2017 г.

Таким образом, изучив гранулометрический состав и некоторые агрофизические свойства черноземов обыкновенных, можно сказать, что такие важнейшие признаки, как гранулометрический состав, плотность сложения, общая порозность, водопроницаемость зависят от характера использования почв. По всему ряду изученных агрофизических свойств почв пахотные черноземы уступают целинным аналогам, расположенным в похожих условиях ландшафта. Постирригационные почвы, трансформированные в залежь, по агрофизическим свойствам уступают целинному аналогу, но по некоторым показателям превосходят пахотные почвы. Диапазон неблагоприятных свойств черноземов, приобретаемых в результате орошения, довольно широк и проявляется практически на всех уровнях их структурной организации. Следует отметить, поливы экологически безопасными поливными нормами в 300 м³/га не ухудшают физических свойств почв, в отличие от грузных поливных норм,

которые обуславливают однонаправленное и заметное выражение основных показателей в сторону их ухудшения.

3.2 Агрохимические свойства

Для исследуемых черноземных почв разного хозяйственного использования были проведены мониторинговые исследования динамики содержания основных элементов питания растений (азота, фосфора и калия) на целине, пашне, постирригационном участке и на орошаемом массиве. В исследованиях, проведенных в 1997 году, содержание общего азота в верхних слоях целинных почв составляло 0,385-0,371% почвы. Содержание общего азота через двадцатилетний период не претерпело значительного изменения, хотя прослеживается тенденция к небольшому накоплению.

На пахотных угодьях, содержание общего азота за исследуемый период времени в верхних слоях почвы уменьшилось на 8-12%. Это связано с интенсивной системой земледелия, когда большое количество азота выносится сельскохозяйственными культурами и в то же время при сложившихся социально-экономических условиях недостаточно вносятся в почву органические и минеральные удобрения.

На постирригационных участках, по сравнению с целинными и пахотными аналогами содержание общего азота низкое и составляет 63-59% соответственно (таблица 10).

Таблица 10 – Содержание валового азота чернозема обыкновенного, %

Годы исследований	слой, см	Целинные	пахотные	постирригационные
1997	0-10	0,385±0,035	0,399±0,037	-
	10-20	0,371±0,034	0,374±0,037	-
	20-40	0,354±0,038	0,013±0,008	-
2017	0-10	0,390±0,037	0,352±0,034	0,143±0,017
	10-20	0,373±0,036	0,344±0,037	0,197±0,022
	20-40	0,353±0,034	0,005±0,002	0,124±0,012

Нами было исследовано содержание нитратного азота на опытных участках в динамике. Количество нитратного азота, которое присутствует в почве в настоящий момент, является результатом противоречивых процессов: наряду с процессом нитрификации, способствующим накоплению нитратов, там же происходит поглощение их растениями и микроорганизмами, вымывание осадками, а также денитрификация [200,204].

На целинных почвах изначальное количество нитратного азота было невысоким и за двадцатилетний период произошло некоторое увеличение содержания этого элемента. В условиях 1997 года, на пахотных почвах содержание нитратного азота примерно в 3 раза выше по сравнению с целиной, что объясняется высокой интенсивностью процессов нитрификации азота в условиях систематических обработок почвы. За двадцатилетний период на пашне наблюдалось снижение нитратного азота почти вдвое.

Изучение содержания нитратного азота на постирригационном участке выявило невысокие значения по сравнению с пахотными угодьями (таблица 11).

Таблица 11– Содержание нитратного азота в черноземах обыкновенных, мг/100 г почвы

Годы исследований	слой, см	целина	пашня	постирригационный
1997	0-10	1,7± 0,09	5,5±0,1	-
	10-20	2,0± 0,09	6,0±0,2	-
	20-40	1,9±0,08	6,3±0,1	-
2017	0-10	1,9±0,06	3,3±0,1	2,1±0,1
	10-20	2,3±0,09	3,6±0,3	2,4±0,2
	20-40	2,5±0,08	3,1± 0,1	2,0±0,1

На рисунке 9 представлено среднее содержание нитратного в 0-40 см слое почвы.

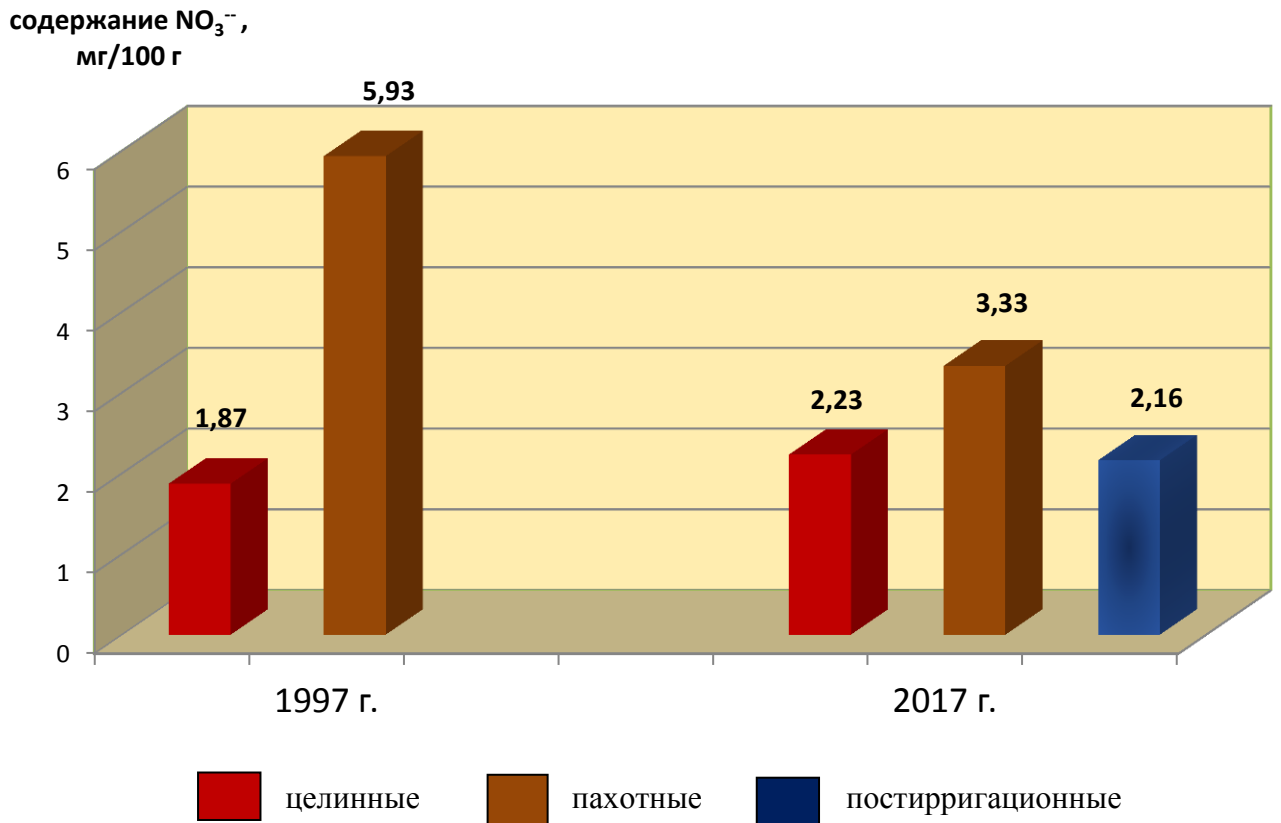


Рисунок 9 – Содержание нитратного азота в 0-40 см слое почв

Исследуемые почвы характеризуются высоким содержанием валового фосфора. В почвах степного ряда увеличение содержания фосфора в верхних слоях почвы может происходить при капиллярных явлениях, когда вода, находящаяся в подпочвенной толще, растворяя имеющиеся в составе материнских горных пород легкорастворимые фосфаты, транспортирует их при своем подъеме по капиллярам снизу вверх в поверхностные слои почвы [6,36,70, 80-82,127,154,190,191]. Фосфор является устойчивым элементом в почве и не теряется так легко как азот в результате улетучивания и вымывания. Непосредственной причиной недостатка почвенного фосфора для растений является низкая подвижность фосфора в почвах.

В целинных черноземах обыкновенных идет постепенное уменьшение содержания валового фосфора к низу, а если рассмотреть динамику за двадцать лет, то наблюдается увеличение количества фосфатов (таблица 12).

Таблица 12 – Содержание валового фосфора в черноземах обыкновенного, %

Годы исследований	слой, см	целинные	пахотные	постирригационные
1997	0-10	0,410±0,038	0,482±0,041	-
	10-20	0,408±0,041	0,472±0,039	-
	20-40	0,401±0,039	0,351±0,034	-
2017	0-10	0,440±0,049	0,452±0,050	0,334±0,039
	10-20	0,438±0,049	0,444±0,049	0,445±0,050
	20-40	0,434±0,048	0,330±0,038	0,332±0,039

Такая же тенденция наблюдается в пахотных почвах – уменьшение содержания валового фосфора вниз по слоям. Установлено, что период наблюдений произошло уменьшение содержания данного элемента питания растений. Если в верхнем, 0-10 см слое почвы в 1997 году было сосредоточено 0,482% валового фосфора, то к 2017 году этот показатель был равен 0,452%.

На рисунке 10 представлено среднее содержание валового фосфора в 0-40 см слое по видам хозяйственного использования.

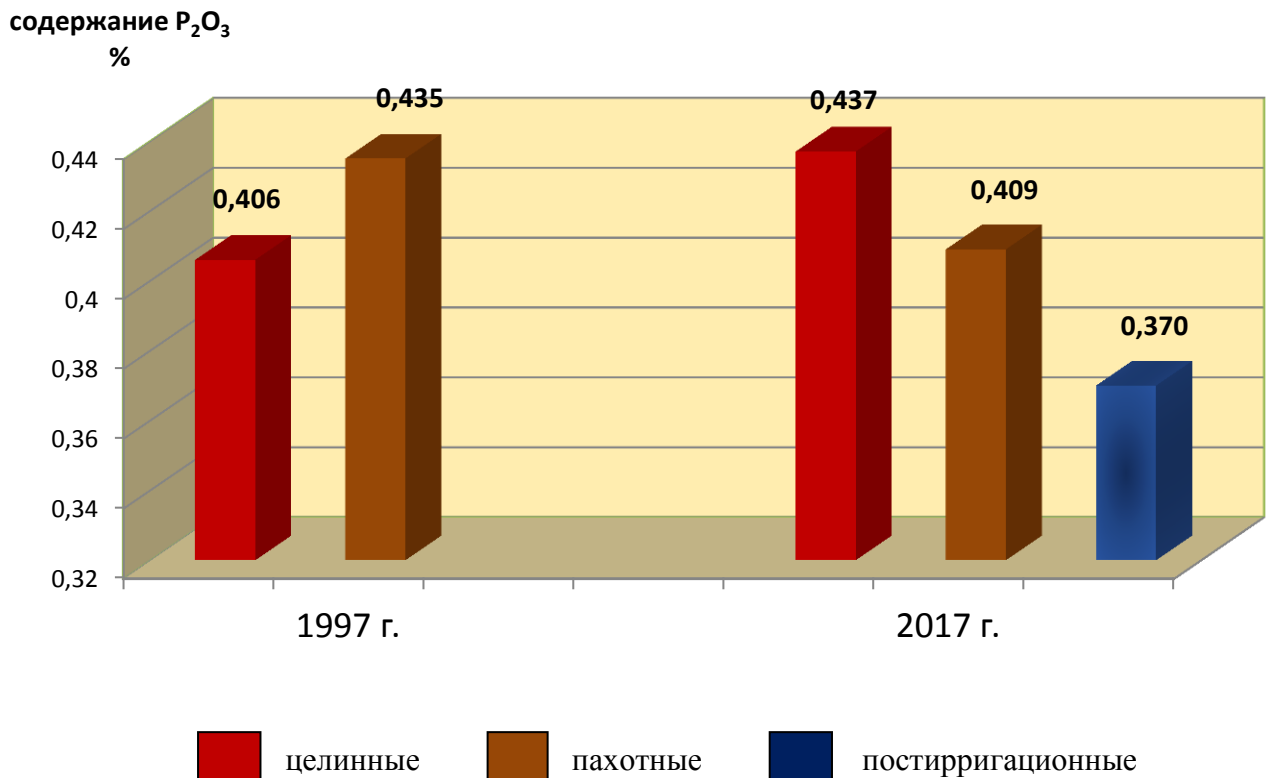


Рисунок 10 – Содержание валового фосфора в 0-40 см слое почв

На постирригационном участке содержание фосфатов было значительно меньше, чем в целинных и пахотных аналогах данных почв.

Калий является важным элементом питания растений, участвует в процессах синтеза и оттока углеводов в растениях, обуславливает водоудерживающую способность клеток и тканей, влияет на устойчивость растений к засухе и поражаемость культур болезнями. Недостаток калия вызывает неравномерный рост клеток, что вызывает гофрированность, закручивание листьев.

Валовое содержание калия в почвах всегда выше, чем азота и фосфора и зависит от гранулометрического состава. Почвы тяжелого гранулометрического состава аккумулируют до 2% валового калия и выше. Существует такое понятие как «резерв калийного потенциала». Общий резерв определяется валовым содержанием калия и включает в себя непосредственный, ближний и потенциальный резервы. Непосредственный резерв извлекается из почвы 1н раствором уксуснокислого аммония и используются растениями в первую очередь. Ближний резерв калия – калий, входящий в илистую фракцию и используется культурами после истощения непосредственного резерва. Потенциальный резерв представлен калием частиц крупнее 0,001 мм, который находится в почве в прочносвязанном состоянии и постепенно восполняет ближний и непосредственный резервы. Внедрение высокой культуры земледелия способствует увеличению непосредственного и ближнего резервов.

Во всех изучаемых разновидностях чернозема обыкновенного и разного хозяйственного использования содержание валового калия в условиях 2017 года примерно одинаково. В целинных почвах за изучаемый период времени количество валового калия в среднем в слое 0-40 см увеличилось с 0,82% до 0,96%, а в пахотных черноземах, наоборот, отмечено уменьшение этого показателя со временем. Если в условиях 1997 года этот показатель был равен в среднем в 0-40 см слое почвы 1,04%, то к 2017 году – 0,91% (таблица 13).

Таблица 13 – Содержание валового калия в черноземах обыкновенных, %

Годы исследований	слой, см	целинные	пахотные	постирригационные
1997	0-10	0,89±0,19	1,06±0,28	-
	10-20	0,79±0,18	1,04±0,27	-
	20-40	0,77±0,18	1,03±0,28	-
2017	0-10	0,97±0,24	0,92±0,24	0,97±0,24
	10-20	0,95±0,24	0,90±0,23	0,94±0,24
	20-40	0,95±0,24	0,91±0,22	0,91±0,23

На постирригационном участке содержание валового калия находится на уровне с количеством на целинных почвах и составляет в 0-10 см слое 0,97%, а в нижнем 20-40 см слое – 0,91%. Среднее содержание валового калия в 0-40 см слое по видам хозяйственного использования представлено на рисунке 11.

содержание K_2O ,
%

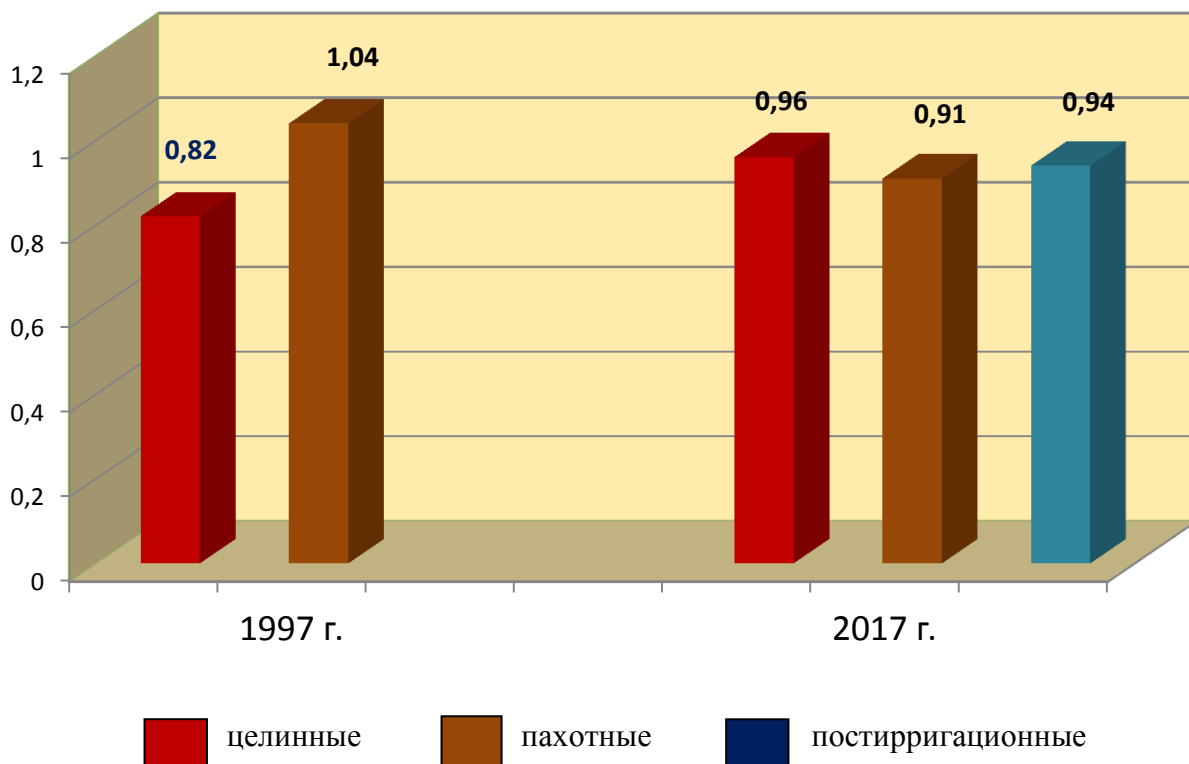


Рисунок 11 – Содержание валового калия в 0-40 см слое почв

Таким образом, содержание общего азота на целинных черноземах за период наблюдения не претерпело существенного изменения, на пахотных почвах наблюдалось снижение содержания данного элемента. На постирригационных почвах были низкие показатели общего азота, по сравнению с целинными и пахотными аналогами. Количество нитратного азота за период наблюдения значительно увеличилось на целинных почвах. В пахотных почвах за этот же период отмечено снижение содержания нитратного азота. В постирригационных почвах содержание данного элемента ниже, чем в пахотных. Исследуемые почвы характеризуются высоким содержанием валового фосфора. В период наблюдений выявлена тенденция к незначительному увеличению данного элемента в целинных почвах, к уменьшению в пахотных, а в постирригационных – значительные потери валового фосфора. Содержание валового калия за двадцатилетний период наблюдений был практически одинаков в почвах разного хозяйственного использования.

3.3 Катионообменная способность почв

Катионообменная способность почвы является одним из фундаментальных свойств почв. Величина емкости катионного обмена зависит от гранулометрического состава почв, преобладающей группы минералов и, в первую очередь, от содержания гумусовых веществ в почвенно-поглощающем комплексе. Поглощающая способность почв определяется содержанием илистой фракций. Фракции почв с размерами более 0,2-0,5 мм практически лишены способности к катионному обмену.

Нами были изучены важнейшие с теоретической и практической точек зрения параметры коллоидного комплекса почв, такие как количество и состав обменных катионов, которые могут изменяться при интенсивном освоении, особенно при орошении. Одним из важнейших макроэлементов является кальций и от содержания которого зависит кислотно-щелочной баланс почв. Обменные основания, в частности кальций и магний, с гумусовыми кислотами

образуют водопрочные гели, которые обволакивают минеральные частицы почвы, склеивая и цементируя их, что в конечном итоге способствует агрегатообразованию. В составе поглощенных оснований почвенный кальций занимает ведущее положение, является преобладающим ионом природных вод. По исследованиям [113], в профиле почв орошаемого и постирригационного участков не обнаружен кальций, т.е. они полностью промыты от карбонатов кальция.

В целинных черноземах за годы исследований содержание обменного кальция увеличилось примерно на 2,0 ммоль/100 г почвы. В пахотных почвах за период наблюдений произошло повышение содержания обменного кальция. В почвах постирригационного участка отмечено низкие значения этого показателя по сравнению с целинными и пахотными черноземами (таблица 14).

Таблица 14 – Содержание обменного кальция в черноземах обыкновенных, ммоль/100г

Годы исследований	слой, см	целинные	Пахотные	постирригационные
1997	0-10	20,1±1,6	24,2±1,8	-
	10-20	20,5±1,5	23,9±1,7	-
	20-40	20,7±1,6	16,4±1,2	-
2017	0-10	22,3±1,7	21,1±1,6	15,4±1,2
	10-20	22,5±1,7	21,4±1,6	14,3±1,1
	20-40	22,7±1,8	13,3±1,0	15,0±1,2

Процентное содержание обменного магния значительно ниже, чем обменного кальция. В целинных и пахотных почвах содержание обменного магния близки, за исключением слоя 30-40 см на пашне, где этот показатель составляет 2,96 ммоль/100 г почвы. Постирригационные участки почв содержат пониженные показатели обменного магния (таблица 15).

Таблица 15 – Содержание обменного магния в черноземах обыкновенных, ммоль/100г

Годы исследований	слой, см	Целинные	пахотные	постирригационные
1997	0-10	3,99±0,29	4,70±0,36	-
	10-20	4,12±0,30	4,84±0,35	-
	20-40	4,47±0,33	3,12±0,29	-
2017	0-10	4,11±0,31	4,67±0,35	3,23±0,24
	10-20	4,47±0,34	4,91±0,37	3,75±0,28
	20-40	5,10±0,38	2,96±0,22	5,22±0,39

В черноземах обыкновенных на всех изучаемых почвах в составе поглощенных оснований преобладают ионы Ca^{2+} . В целинных почвах за изучаемый период времени произошло увеличение содержания обменных оснований, и надо отметить, что в нижних слоях почвы этот показатель выше, чем в пахотном слое. В пахотных черноземах за двадцать лет сельскохозяйственного освоения сумма обменных оснований уменьшилась. На этих почвах, в слое 20-40 см, наблюдается резкое снижение суммы обменных оснований (таблица 16).

На постирригационных почвах увеличение интенсивности влагооборота, изменение структурного и гранулометрического состава почвы, условий аэрации под влиянием орошения сопровождаются изменениями физико-химических параметров черноземов обыкновенных.

Таблица 16 – Сумма обменных оснований в черноземах обыкновенных, ммоль/100г

Годы исследований	слой, см	Целинные	пахотные	постирригационные
1997	0-10	24,09	28,90	-
	10-20	24,62	28,74	-
	20-40	25,17	19,52	-
2017	0-10	26,41	25,77	18,63
	10-20	26,97	26,31	18,05
	20-40	28,35	16,26	20,27

Под влиянием орошения наблюдается снижение содержания в ППК ионов Ca^{2+} . Наши исследования согласуются с данными [46,89], полученными на черноземах обыкновенных в Европейской части России. Среднее содержание обменных оснований в слое 0-40 см представлено на рисунке 12.

содержание
обменных
оснований
ммоль/100 г

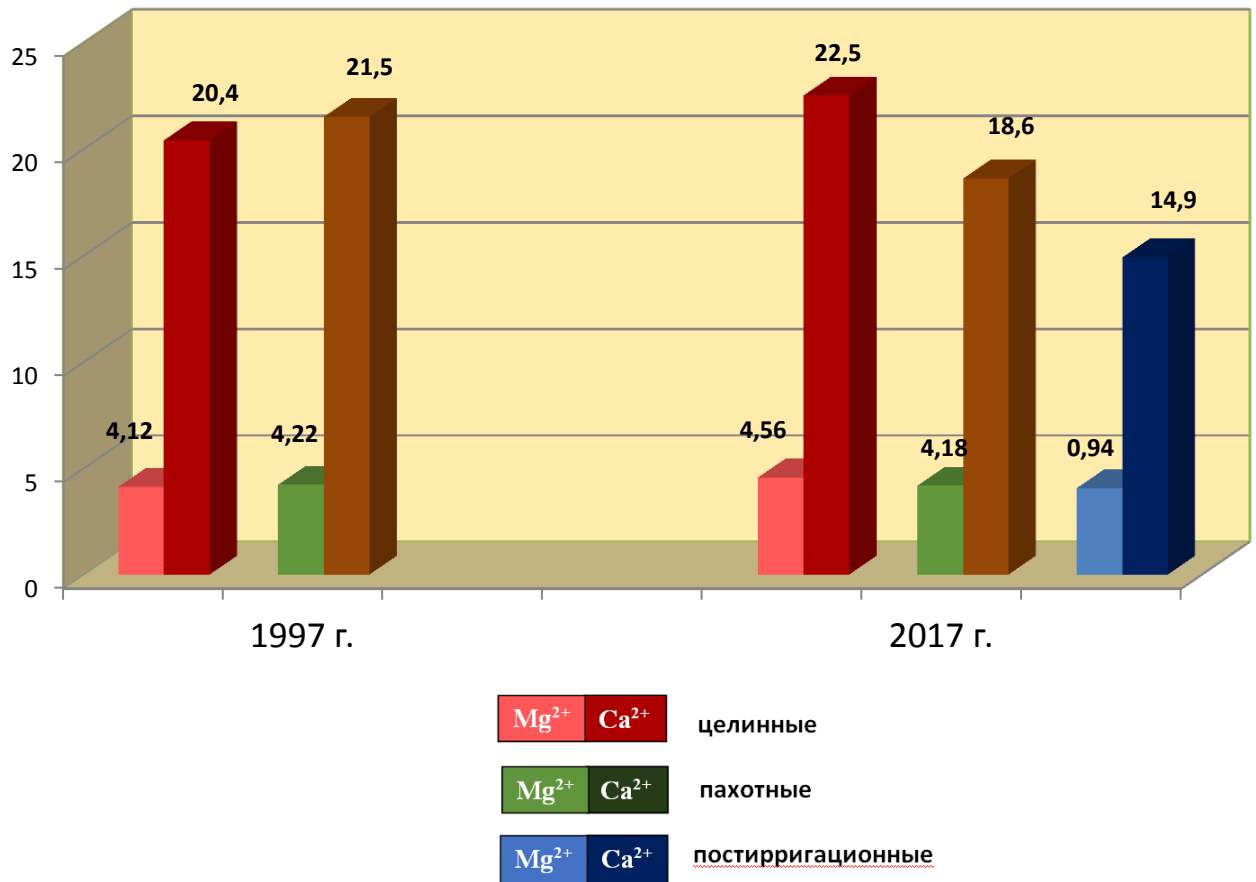


Рисунок 12 – Содержание обменных оснований в 0-40 см слое почв

Таким образом, сумма поглощенных оснований в целинных почвах со временем увеличивается, а в пахотных – уменьшается. Самое низкое содержание выявлено в постирригационных почвах.

ГЛАВА 4. МОНИТОРИНГ ПЛОДРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО

4.1 Изменение гумусового состояния

Наиболее объективным эталоном в почвенном мониторинге является целинная почва, в которой антропогенное влияние исключено, либо минимизировано, и что составляет так называемый фоновый мониторинг. Уместно в качестве эталона использовать природные характеристики почв – такие как способность продуцировать органическое вещество при данных климатических ресурсах, либо биопродуктивность (без дополнительных вложений). Наконец, в качестве эталонов могут выступать оптимальные параметры почв при создании которых в корнеобитаемом слое культурные растения способны в максимальной степени реализовать свой потенциал. Ясно, что такого рода эталон пригоден для формулирования требований к наиболее современным технологиям [112].

Плодородие почв понятие многопараметрическое. Здесь мы рассматриваем неполный, но достаточный комплекс показателей, чтобы получить объективное представление о плодородии черноземов обыкновенных разного хозяйственного использования в течение длительного промежутка времени. Отмечено, что [149,158] за последние 30-40 лет содержание гумуса в пахотном слое черноземных почв снижается и при разрушении гумуса почвы ухудшаются агрофизические свойства, биологическая активность, что приводит к снижению урожайности культур и ухудшению качества продукции. Черноземы теряют свойственную им мелкокомковатую структуру, которая переходит в распыленное состояние.

Черноземы, являясь одними из богатейших почв в мире, обладают высоким потенциальным плодородием. В то же время плодородие почв является величиной динамичной, изменяющейся во времени. Широко вовлеченные в сельскохозяйственное использование и испытывающие значительную

антропогенную нагрузку черноземы обыкновенные постепенно теряют гумус, что, в свою очередь, ведет к ухудшению их свойств и режимов. В результате хозяйственного освоения, в частности орошения без учета научно-обоснованных поливных норм, меняется и качественный состав гумуса, происходит переход гуминовых кислот в «агрессивные» фульвокислоты [124].

Исходное содержание гумуса на целинных черноземах в слое почвы 0-40 см было повышенным и составило в среднем 7,3 % или же 336 т/га. За двадцатилетний период наблюдений на этом же участке содержание гумуса увеличилось на 7,6 % и запасы составили 351 т/га (таблица 17).

Таблица 17– Содержание гумуса чернозема обыкновенного, %

Годы исследований	слой, см	целина	пашня	Постирригационный
1997	0-10	6,9 ± 0,5	7,8 ± 0,8	3,9 ± 0,6
	10-20	7,5 ± 0,7	8,3 ± 0,8	3,2 ± 0,5
	20-40	7,4 ± 0,6	1,7 ± 0,3	3,2 ± 0,6
2017	0-10	7,2 ± 0,7	7,1 ± 0,7	5,5 ± 0,6
	10-20	8,0 ± 0,8	7,9 ± 0,8	5,3 ± 0,5
	20-40	7,7 ± 0,7	1,3 ± 0,3	4,3 ± 0,7

Соответственно, благодаря ежегодному приходу органического вещества в виде опада высших растений, от деятельности почвенной биоты, происходит процесс естественного почвообразования. Следовательно, происходит процесс естественного накопления гумуса.

Многолетнее использование чернозема обыкновенного под пашней в условиях недостатка органических удобрений снизило содержание гумуса. В исследованиях, проведенных в 1997 году, содержание гумуса на пахотных черноземах в верхнем 0-20 см слое почвы характеризовалось как высокое и составило 8,05% или 180 т/га. В течение двадцатилетнего периода произошло снижение содержания гумуса в среднем на 0,55% и запасы составили 160 т/га. Запасы гумуса снизились на 20 т/га. Значительная часть органического вещества безвозвратно отчуждается с урожаем сельскохозяйственных культур, что

провоцирует отрицательный баланс органического вещества и ведет к снижению потенциального плодородия почвы. Данное действие происходит при условии если не вносится достаточного количества органических удобрений.

На рисунке 13 представлены запасы гумуса в слое 0-20 см в течение 20 лет.

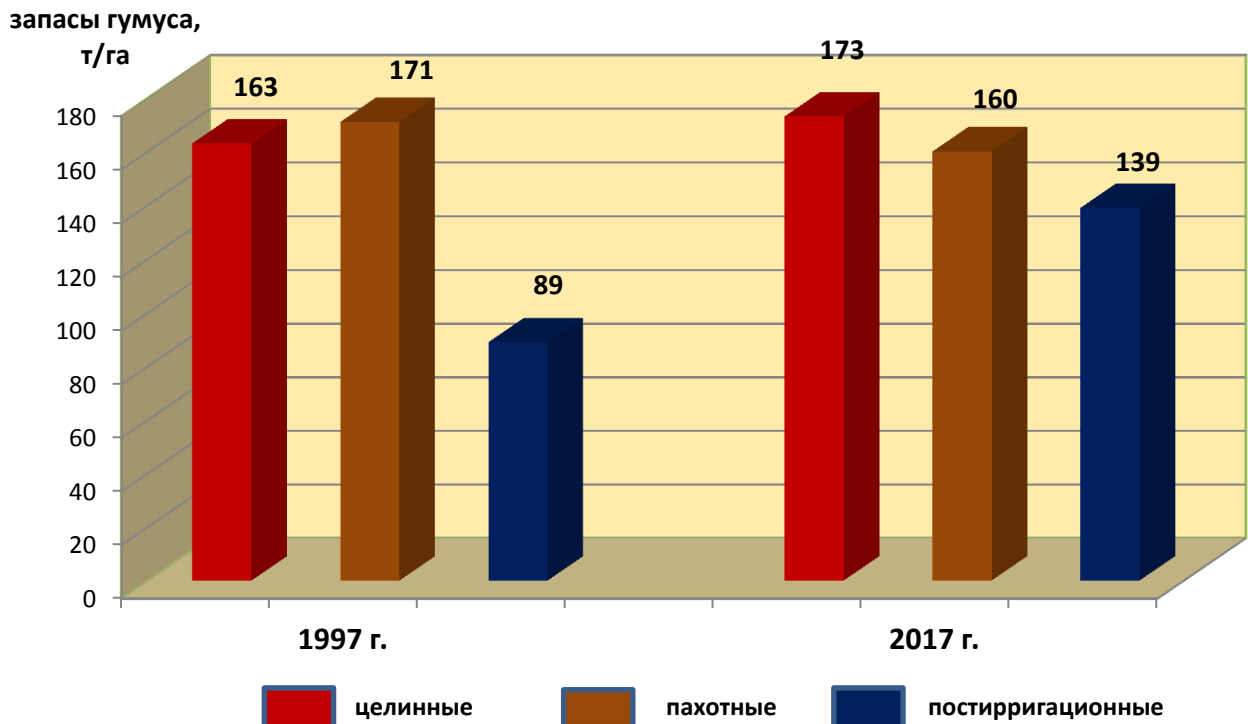


Рисунок 13 – Запасы гумуса чернозема обыкновенного

На постирригационных участках исходные запасы гумуса в 0-40 см слое почвы в среднем составили 3,43% и относились к низкогумусным почвам. Содержание гумуса после прекращения орошения на этих почвах повысилось до среднего уровня – 5,03% и запасы составили – 254 т/га. При орошении, состояние гумуса в почве зависит от культуры земледелия и химического состава оросительной воды. Содержание органического вещества в орошаемых почвах не уменьшается при следующих условиях: качественном составе оросительной воды, при наличии в севообороте многолетних трав, особенно бобовых, внесении органических удобрений. Мелиоративные действия в состоянии радикально изменить свойства почвы, и в том числе плодородие.

Изучив содержание гумуса в черноземных почвах разного хозяйственного использования в системе мониторинга можно предположить следующее: содержание гумуса в целинных почвах особых изменений со временем не претерпевает и наблюдается тенденция к увеличению. Гумус в старопахотных почвах со временем уменьшается. В почвах постирригационных участков происходит увеличение содержания гумуса

Вариационно-статистический анализ показателей содержания гумуса изучаемых целинных черноземов свидетельствует о том, что достоверно значимые различия между годами наблюдений выявлены и математически доказуемы (приложение В).

4.2 Структурно-агрегатный состав

Важным показателем почвенного плодородия почвы является структурное состояние почвы, так как от него во многом зависит водный, воздушный, температурный, питательный режимы почв [93,175]. Плодородие почвы и ее экологическая устойчивость, т.е. противостоять негативным природным процессам, как эрозия и дефляция, напрямую зависит от структуры почвы. Познание происхождения почвенных агрегатов является необходимой научной предпосылкой для разработки приемов сохранения агрономически ценной, стабильной структуры. Исследование закономерностей формирования элементов почвенной структуры является одной из труднейших проблем научного почвоведения. К настоящему времени еще недостаточно изучены механизмы формирования и устойчивости структуры различных типов почв. Исследованию структурного состояния различных типов почв и в разных регионах посвящены многочисленные работы. Установлено, что структура почвы определяется совокупностью фракций различной величины. Один из ключевых показателей структурного состояния почвы – коэффициент структурности. Данный коэффициент определяется отношением массы агрегатов 7,0 – 0,25 к сумме

массы агрегатов >10 мм и $< 0,25$ мм. Агрономически ценной структурой считается комковатая и зернистая структура верхних горизонтов почвы размером от 0,25 до 10 мм, обладающая водопрочностью и связностью.

При оценке устойчивости почвы против дефляции учитывают содержание агрегатов размером более 1 мм в слое почвы 0-5 см. Важнейшими условиями агрономической ценности структуры являются ее водопрочность и пористость (более 45%).

Два различных биохимических процесса происходят в структурной почве: аэробный и анаэробный. Аэробный процесс происходит на поверхности структурных агрегатов. Анаэробный процесс происходит внутри агрегатов, способствует сохранению органического вещества и переводу элементов зольной пищи растений в неусвояемую растениями форму.

Классики русского почвоведения В.В. Докучаев, П.А. Костычев – связывали зернистую структуру черноземов с распространением корневых систем травянистой растительности.

Изменения структурно-агрегатного состояния черноземов обыкновенных исследовались в целинных, пахотных и постирригационных почвах во времени. В таблице 18 показано изменение структурного и агрегатного состава обыкновенных черноземов разного хозяйственного использования.

Исследования по изменению структурного состояния обыкновенных черноземов в целинных почвах, не тронутых человеческой деятельностью, проводимые с интервалом в 20 лет показало, что структурность почвы не претерпела значительных изменений (таблица 18).

Таблица 18 – Структурный и агрегатный состав черноземов обыкновенных

Показатели	целинные	пахотные	Постирригационные
Структурный состав			
Содержание фракций, %	слой 0 – 20 см		
> 10 мм	22/20	15/17	18/14
10 – 5 мм	17/19	20/16	16/19
5 – 1 мм	42/44	22/31	29/30
1 – 0,25 мм	10/10	16/13	15/10
< 0, 25	9/7	20/23	22/27
Коэффициент структурности	2,2/2,7	1,8/1,5	1,5/1,4
НСР ₀₅	0,2	0,25	-
Содержание фракций, %	слой 20 – 40 см		
> 10 мм	10/9	13/16	17/18
10 – 5 мм	17/18	23/20	20/18
5 – 1 мм	51/52	34/33	31/34
1 – 0,25 мм	19/18	21/19	18/16
< 0, 25	³ / ₄	9/13	14/14
Коэффициент структурности	6,7/6,7	3,5/2,4	2,2/2,1
НСР ₀₅	-	0,3	-
Агрегатный состав			
Содержание фракций, %	слой 0 – 20 см		
> 10 мм	-	-	-
10 – 5 мм	-	-	-
5 – 1 мм	25/27	28/21	22/20
1 – 0,25 мм	30/31	20/19	19/19
< 0, 25	45/42	52/60	59/61
Критерий водопрочности агрегатов, %	80/79	74/67	68/66
НСР ₀₅	-	2,5	-
Содержание фракций, %	слой 20 – 40 см		
> 10 мм	-	-	-
10 – 5 мм	-	-	-
5 – 1 мм	33/31	33/27	20/27
1 – 0,25 мм	42/45	27/22	28/20
< 0, 25	25/24	40/51	52/53
Критерий водопрочности агрегатов, %	36/87	77/69	70/69
НСР ₀₅	-	3,2	-

^{x)} Примечание: числитель – 1997 г.;
знаменатель – 2017 г.

Качественная оценка структурного состояния 20-40 см слоя черноземов по содержанию в них агрегатов агрономически ценных фракций, размером 10-0,25 мм указывает на отличную и хорошую оструктуренность обыкновенных черноземов, функционирующих под естественной растительностью, которые представлены ковылем перистым (*Stiparennata L.*), овсяницей ложноовечьей (*Festucapseudovina L.*), пыреем ползучим (*Elytrigiarepens L.*). Высокие показатели структурности почвы объясняются оструктуривающим действием корневых систем естественного сообщества трав. В течение 20 лет произошло улучшение структурного состояния почвы в верхнем слое почвы, что подтверждается статистическими расчетами (приложение Г). Высокие значения коэффициента структурности в подпахотном горизонте по сравнению с верхним горизонтом, выше почти три раза, объясняются тем, что основная корневая система растений сосредоточена в этом слое почвы (рисунок 14).

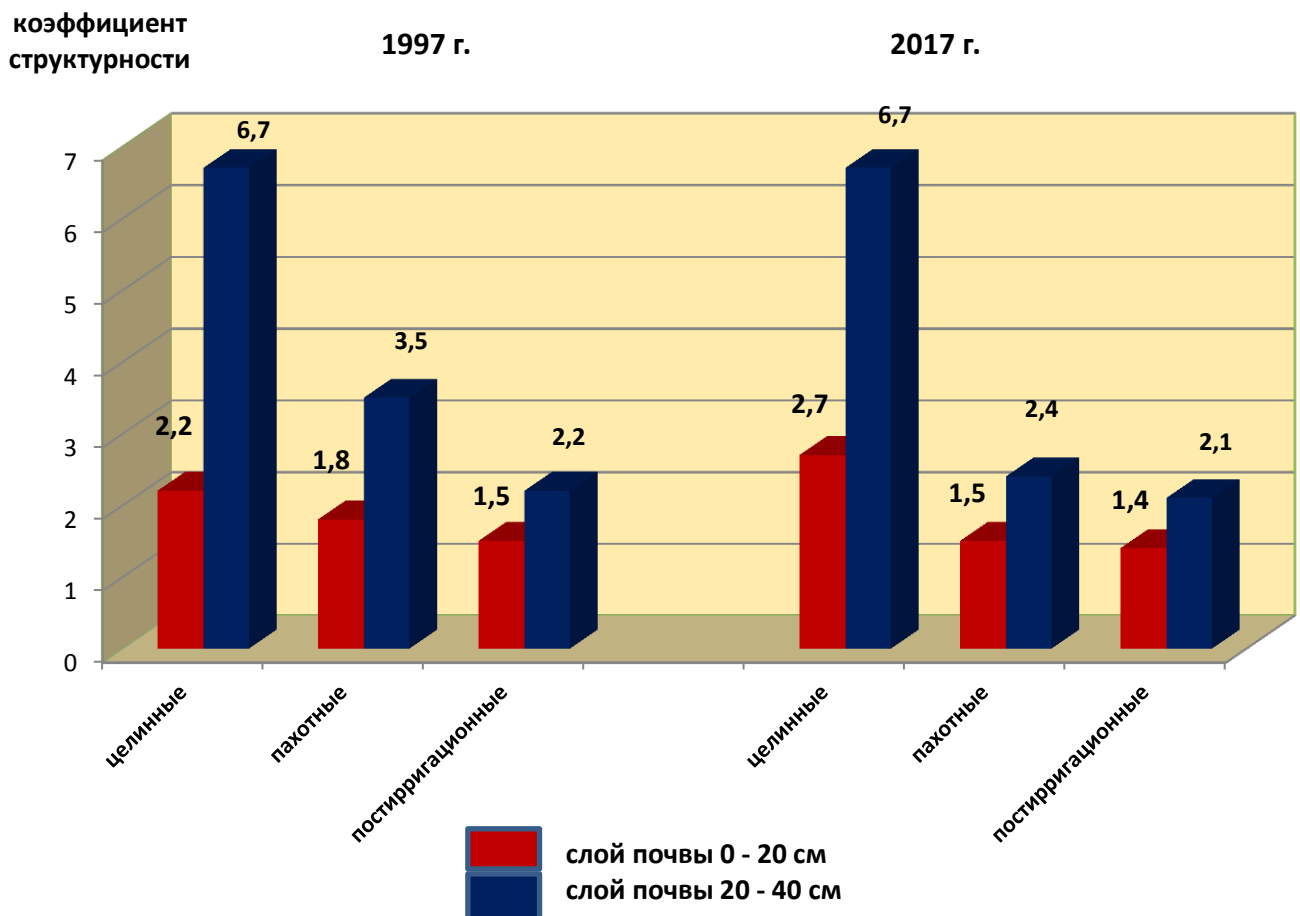


Рисунок 14 – Коэффициент структурности чернозема обыкновенного

Отличная оструктуренность обыкновенных черноземов сменяется на хорошую и удовлетворительную в агроландшафтах. Снижение агрономически ценных фракций до удовлетворительного уровня обнаружено в слое 20-40 см. Мониторинг состояния структурного состава освоенных черноземов показывает, что со временем произошло ухудшение структурного состояния почв. Коэффициент структурности в верхнем слое почвы снизился с 1,8 до 1,5, а в подпахотном слое почвы на 0,9. Сравнение результатов анализов, проведенное в выборках для 0-20 и 20-40 см слоев почв, показывает, что в освоенном черноземе обыкновенном по сравнению с этими почвами в естественном состоянии отмечается уменьшение количества агрономически ценной фракции. В исследованиях, проведенных в условиях 2017 года, коэффициент структурности в слое 0-20 см в целинных почвах выше почти в два раза, по сравнению с пахотными аналогами.

Как мы видим из таблицы 18, вовлечение черноземов в интенсивную обработку в течение длительного промежутка времени существенно ухудшило структурный состав данных почв. Также установлено, что структура определяется не только генетическими особенностями почвы, но и характером ее хозяйственного использования. Из-за недостатка финансовых ресурсов внесение минеральных и органических удобрений было ограничено, не всегда соблюдались научно-обоснованные системы земледелия.

Существенных изменений в структурно-агрегатном составе черноземов обыкновенных в постирригационных условиях не произошло. Небольшая разница в показателях коэффициентов структурности в изучаемый период времени находится в пределах статистической погрешности.

Способность сопротивляться разрушающему действию воды т.е. водопрочность, является наиболее важной и экологически значимой характеристикой почвенных агрегатов. В целинных черноземах водопрочность агрегатов с течением времен не претерпели значительных изменений. В верхних слоях почвы этот показатель соответствовал 80-79%, а в нижележащих 86-87% и относится к критерии «отличная».

Совершенно иная ситуация с водопрочностью почвенных агрегатов наблюдается на пахотных почвах. Если исходные показатели водопрочности составляли 74-77% в пахотном и подпахотном горизонте, то в течение длительного периода времени отмечено уменьшение критерия водопрочности до 67-69% соответственно по слоям (рисунок 15).

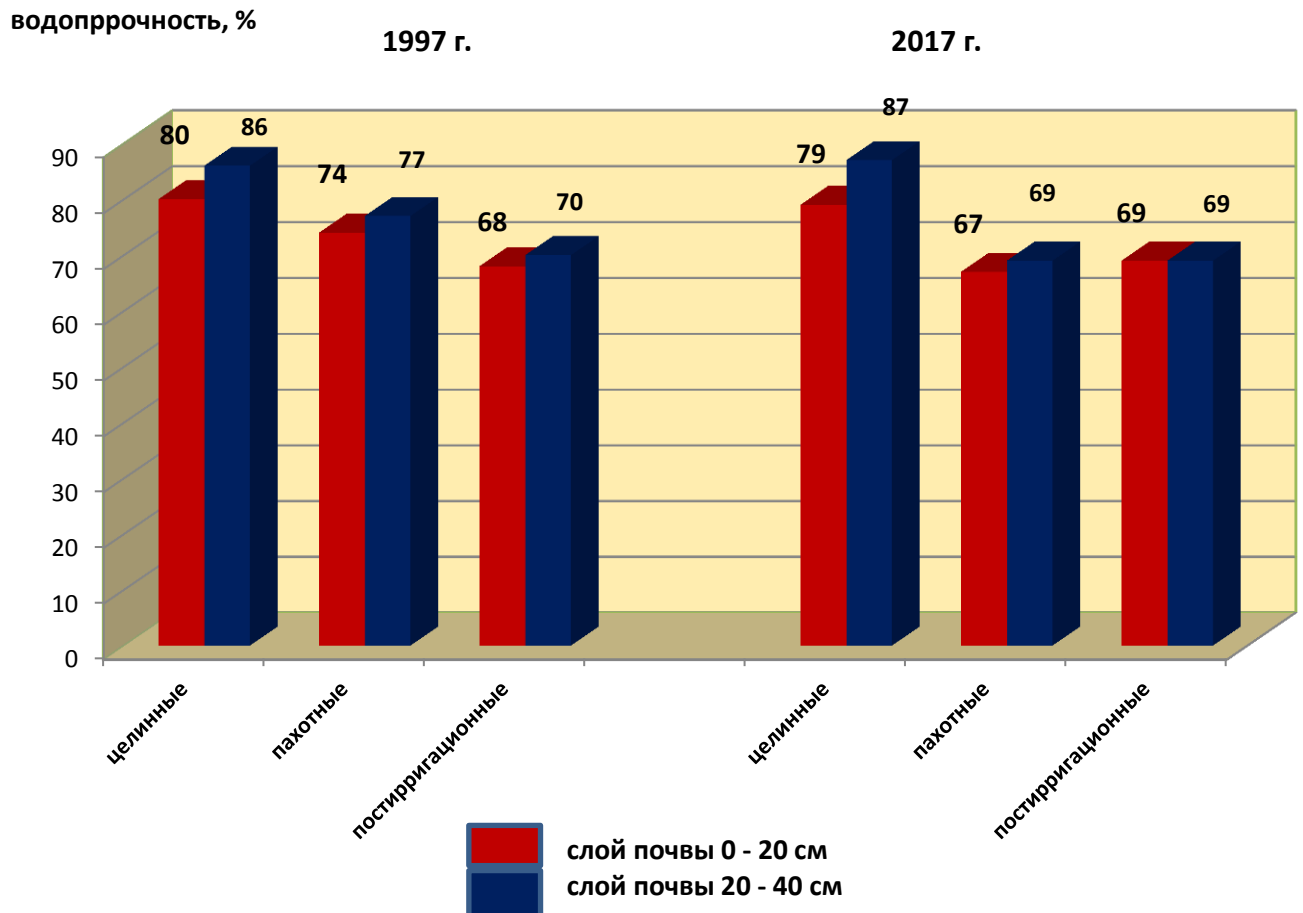


Рисунок 15 – Критерий водопрочности чернозема обыкновенного

В почвах постирригационного участка исходные значения критерия водопрочности в слое 0-20 см составляли 68%, а в слое 20-40 см – 70%, что ниже по сравнению с целинными и пахотными аналогами. Существенные изменения структурно-агрегатного состава обыкновенных черноземов происходит в условиях орошения в зависимости от норм полива. Орошение данных почв в 80-годах прошлого столетия велось грузными поливными нормами, что привело

ухудшению структурно-агрегатного состава. После прекращения функционирования оросительной системы эти почвы находились в состоянии залежи. Критерии водопрочности после двадцатилетнего периода залежи не изменились и составили соответственно по слоям 66-69%.

Согласно вариационно-статистическому анализу интегрирующих показателей структурного состояния обыкновенных черноземов известно, что достоверно значимые различия между целинными и освоенными черноземами наблюдаются по коэффициенту структурности и по критерию водопрочности (приложения, Д, Е).

ГЛАВА 5 ОПТИМИЗАЦИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА И

АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО

5.1 Водный режим

Вода является важнейшим фактором жизни растений, особенно при выращивании сельскохозяйственных культур. В засушливых регионах, где возделываются высокорентабельные культуры, при достаточных тепловых ресурсах, в первом минимуме находится недостаток увлажнения. Вода необходима растениям во все фазы роста и развития, особенно растения требовательны к увлажнению в период активной вегетации.

Основным источником почвенной влаги являются атмосферные осадки, количество и распределение которых зависит от природно-климатических условий данной местности и метеорологических условий отдельных годов. Черноземные почвы, обладая достаточно высоким естественным плодородием, реализуют этот потенциал на 20-60%, из-за недостатка природных запасов влаги [18,27]. Для черноземных почв характерен непромывной тип водного питания, где расходная статья водного баланса преобладает над приходной, влагооборотом охвачен только почвенный профиль, грунтовые воды залегают глубоко. На этих почвах требуются искусственное увлажнение, особенно в засушливые годы, когда выпавшие осадки не могут в полной мере удовлетворить водопотребность растений [15,16].

5.1.1 Динамика влажности почвы в годы расчетной

обеспеченности осадками

Одним из ключевых факторов, определяющих функционирование как природных экосистем, так агроландшафтов является влажность почвы. Водоудерживающая способность почвы зависит от типа почвы, природно-климатических условий, характера местности и т.д.

По программе исследований на черноземах обыкновенных среднегумусных среднемощных были заложены вегетационно-полевые опыты

по изучению динамики влажности почв в 0-50 см слое в годы расчетной обеспеченности осадками. Опыты проводились в течение 4 лет с 2013 по 2017 гг. Варианты опыта: контроль (без орошения) и с орошением при снижении влажности почвы ниже 80% НВ. В качестве изучаемой культуры были выбраны многолетние травы – трехкомпонентные бобово-злаковые смеси. Многими исследователями [91,93,] подтверждено улучшение структуры и водно-физических свойств почв под смешанными бобово-злаковыми смесями, происходит значительное возрастание общей порозности и водопроницаемости, улучшается водно-воздушный режим.

Метеорологические условия в годы исследований различались как по осадкам, так и по температуре воздуха.

Количество выпавших осадков в вегетационный период 2013 года было выше нормы на 30,9 мм. Во все месяцы вегетации культур осадки превышали среднемноголетние данные по месяцам, кроме июля и сентября, где осадков выпало ниже нормы на 16,3 и 16,5 мм соответственно. Средние месячные температуры воздуха за весь вегетационный период были ниже среднемноголетних данных на 0,5°C. Во все месяцы температура воздуха была ниже среднемноголетних данных, кроме августа, где превышение составило 0,7°.

С мая по сентябрь выпало 318,7 мм осадков и они распределились следующим образом: май – 44,5 мм; июнь – 94,4 мм; июль – 57,7 мм; август – 70,0 мм и сентябрь – 42,3 мм.

Исходные запасы влаги в 0-50 см слое на черноземах обыкновенных на начало вегетации многолетних травосмесей в первой декаде мая, на вариантах «контроль» и «орошение» составили 1213-1261 м³/га, что равно 77-80% НВ соответственно. Осадков в первой декаде не выпало, поэтому шло закономерное снижение влажности почвы на контрольном варианте до 68% НВ (рисунок 16).

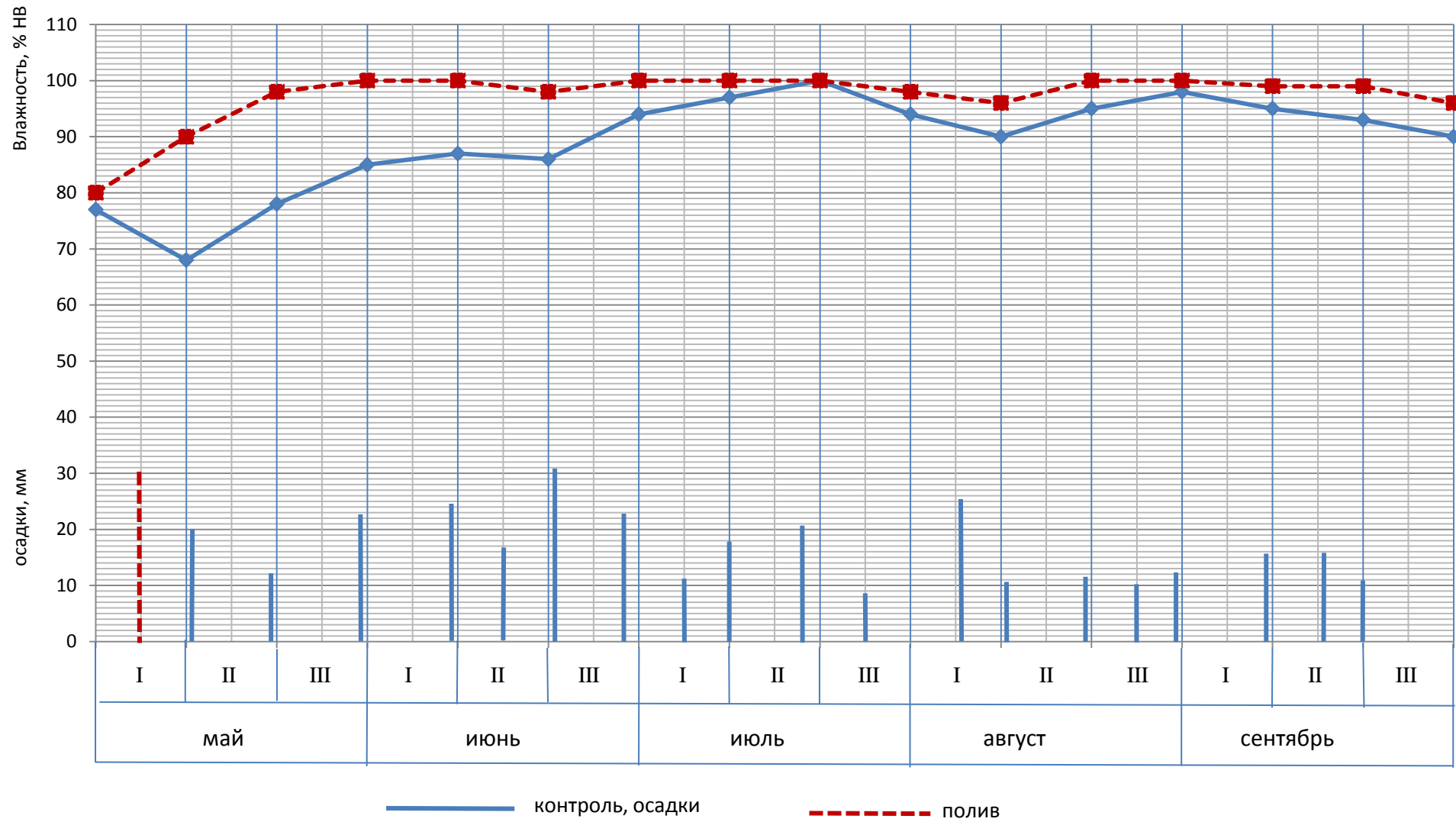


Рисунок 16 – Динамика влажности чернозема обыкновенного, 2013 г.

Для поддержания уровня влажности почвы в пределах 80-100% НВ, на орошаемом варианте 5 мая был проведен полив нормой 300 м³/га, что позволил повышению влажности до 90% НВ. Осадки нормой 32 мм выпали во второй декаде мая, и выпавшие осадки поддерживали влажность 0-50 м слоя почвы на контрольном варианте в пределах 78% НВ, а на орошении – 98% НВ. Третья декада мая по увлажненности почвы была благоприятной как на контроле, так и на орошении, влажность колебалась в пределах 85-100% НВ. Выпавшие осадки поддерживали влажность 0-50 м слоя почвы на контрольном варианте в пределах первой декады на уровне – в оптимальных пределах в течение всего месяца.

В июне осадки были выше нормы почти в два раза (94,4 мм против 58 мм). В первой и во второй декаде выпало осадков 24,6 и 16,7 мм, а третья декада была особенно дождливой – выпало всего 53,1 мм осадков с интервалом в 7 дней. В этот период влажность почвы держалась на уровне 80-100% НВ, что способствовало благоприятному росту и развитию многолетних трав.

В дальнейшем, в течение первой и второй декады июля, в результате выпавших осадков нормой 49,2 мм влажность почвы находилась в оптимальных пределах, и к первому укосу трав на сено, в конце третьей декады июля, запасы влаги в почве были на уровне 94-100% НВ. Отрастание трав второго укоса происходила в благоприятных метеорологических условиях, когда среднесуточная температура воздуха составила 17⁰, а влажность почвы была эффективной для начала вегетации многолетних трав. За весь период вегетации многолетних трав второго укоса на двух изучаемых вариантах влажность почвы не опускалась ниже оптимальных значений.

Вегетационный период 2014 года по метеорологическим показателям (осадки, среднесуточная температура воздуха и среднесуточный дефицит влажности воздуха) был близок к среднемноголетним значениям. Надо отметить, что распределение осадков в течение вегетации растений были неравномерными. Так, в критические фазы роста и развития многолетних трав, в фазе отрастания трав первого укоса и трав второго укоса, выпало минимальное количество осадков.

Исходные запасы влаги в почве в начале отрастания многолетних трав были ниже оптимальных значений. На варианте «контроль» – 70% НВ, на варианте с орошением – 75% НВ. Для поддержания оптимального увлажнения почвы 5 мая был произведен полив нормой 300 м³/га, что позволил поднять уровень влажности до 85 % НВ. В первой декаде мая осадков выпало всего 9,8 мм, что привело к снижению влажности почвы на варианте «контроль» до 64% НВ. Во второй декаде мая осадков выпало 26,4 мм, что способствовало повышению влажности почвы на варианте «контроль» до 70%, а на орошении с 85 до 90% НВ. Третья декада мая характеризовалась засушливостью, не наблюдалось выпадения эффективных осадков, что привело к снижению влажности почв на «контроле» до 62% НВ, на орошении – до 77% НВ. На варианте с орошением был проведен полив нормой 300 м³/га до уровня 92% НВ.

В июне осадков выпало всего 54,6 мм и они распределились следующим образом: в первой декаде осадки были малозначительными для роста и развития растений – 12 мм; во второй декаде выпало 21,5 мм; в третьей – 21,1 мм. Увлажненность почвы в конце первой декады июня составила на контроле – 66% НВ или же 1040 м³/га, на орошении – 91% - 1434 м³/га. Влажность почвы в конце второй декады июня на варианте «контроль» была на уровне 72 % НВ, на орошаемом варианте – 94 % НВ. Третья декада июня влагообеспеченность для культур, произрастающих на контрольном варианте, была ниже оптимальных значений, тогда как на орошаемом варианте благоприятная.

Июльские осадки по сумме за месяц были ниже среднеголетних, в первой декаде выпал за один раз осадки нормой 15,4 мм, во второй декаде двухразовые нормами 24,9 и 16,1 мм с интервалом 6 суток, а в третьей – 25 июля нормой 6,5 мм. Среднемесячная температура воздуха за этот месяц была выше среднеголетних показателей почти на 0,6⁰. В конце первой декады июля, в результате высоких температур воздуха, выпавшие 4 июля осадки нормой 15,4 м не способствовали поднятию влажности почвы на контрольном варианте до оптимальных значений, и влажность почвы колебалась на уровне 68-70% НВ. (рисунок 17).

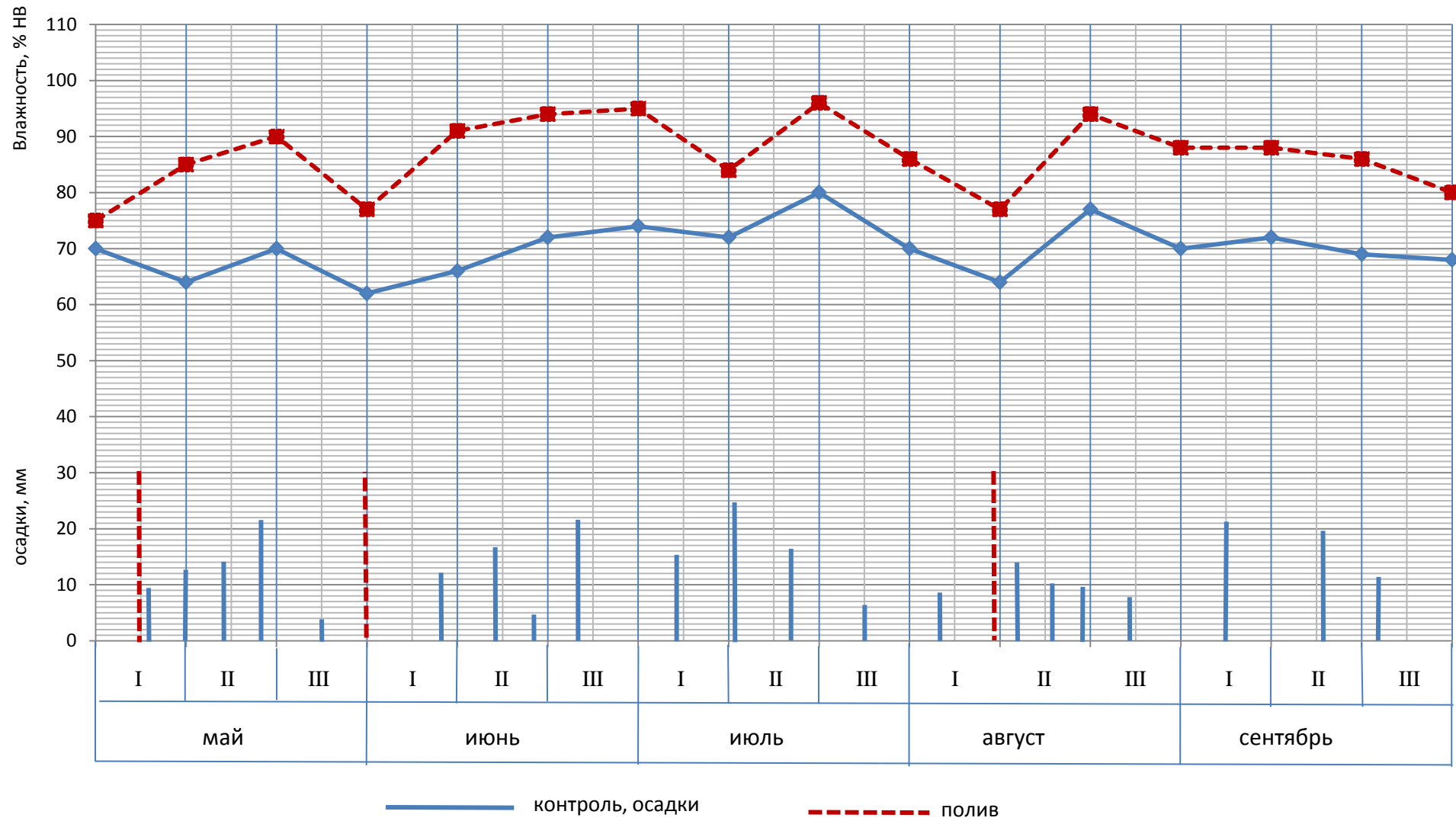


Рисунок 17 – Динамика влажности чернозема обыкновенного, 2014 г.

Влажность почвы на орошаемом варианте опустилась до 84% НВ. Вторая декада июля отмечалась эффективными осадками, за два раза с промежутками в 6 суток выпало достаточное количество осадков – 41 мм, что позволило поднять уровень влажности почвы на контрольном варианте до 80% НВ, на орошаемом – 96% НВ. В третьей декаде июля наблюдалось понижение влажности почвы на вариантах опыта.

Осадков за август выпало ниже среднеголетних значений на 14,2 мм, среднемесячная температура воздуха была близка к среднеголетним показателям. Надо отметить, что в августе были частые осадки (5) небольшими нормами. Отрастание трав второго укоса, в первой декаде августа, для многолетних трав на контроле происходила в условиях недостаточного увлажнения почвы – 64% НВ. Влажность почвы на орошаемом варианте снизилась до 77% НВ и, здесь потребовался полив нормой 300 м³/га. Вторая декада августа по влагообеспеченности была оптимальной для роста и развития культур на варианте с орошением, так как полив и выпавшие осадки позволили поддерживать уровень влажности почвы в пределах 94% НВ. Также в этот период наблюдалось поднятие влажности почвы на контрольном варианте, но не до оптимальных величин – 77% НВ. Третья декада августа отмечалась засушливостью, осадков выпало всего 7,8 мм и соответственно произошло снижение влажности почвы на контроле до 70% НВ, на орошении – 86 % НВ.

В сентябре, к концу вегетации многолетних трав, влажность почвы в первой декаде колебалась на контроле и орошении соответственно 72-88% НВ. В дальнейшем отмечалось небольшое понижение влажности.

В целом, за вегетационный период 2014 года, многолетние травы в условиях естественного увлажнения в отдельные фазы роста и развития испытывали недостаток увлажнения. Для оптимального роста и развития культур были произведены три полива нормами по 300 м³/га, оросительная норма составила 900 м³/га.

Вегетационный период 2015 года характеризовался высокими температурами воздуха по сравнению с многолетними значениями. Так,

среднесуточная температура мая была выше нормы на $1,6^{\circ}\text{C}$; июня – $1,5^{\circ}$; июля – $1,3^{\circ}$ и августа – $1,4^{\circ}\text{C}$. Осадков за май-сентябрь выпало 281,1 мм. В мае осадки были незначительными и составили всего 27,2 мм, что ниже нормы на 5,8 мм. В начале вегетации культур исходная влажность почвы составила на контрольном варианте 62% НВ, на орошаемом – 68%, что по условиям опыта predetermined полив нормой $300\text{ м}^3/\text{га}$, проведенный 2 мая, влажность почвы составила 82%.

Вегетация культур во второй декаде мая на контрольном варианте проходила в неблагоприятных условиях, хотя выпавшие во второй декаде мае осадки нормой 27,2 мм, но при высоких среднесуточных температурах воздуха не способствовали повышению влажности почвы. Влажность почвы на контрольном варианте была 56% НВ, на орошаемом варианте – 80% НВ. Третья декада мая для вегетации культур на варианте без орошения была критической – влажность опустилась до 51% НВ. Такая же тенденция наблюдалась на орошаемом варианте, влажность почвы колебалась в пределах 76% НВ, и был произведен 1 июня второй полив нормой $300\text{ м}^3/\text{га}$.

В первой декаде июня осадков не было, на контрольном варианте продолжалось снижение влажности до 48% НВ, а на орошаемом варианте, произведенный полив позволил поддерживать оптимальное увлажнение почвы на уровне 86% НВ. Вторая декада июня характеризовалась выпадением двух осадков нормами 20,4 мм и 21,3 мм с интервалом 5 суток. Выпавшие осадки позволили поднятию влажности почвы на контроле до 58% НВ, на орошении до 96% НВ. В третьей декаде, 25 июня, выпало осадков 21,3 мм и это удерживала влажность почвы на контроле 64 % НВ, на орошении 98% НВ.

Июль был дождливым месяцем, осадков выпало 84,1 мм, что превышает среднемноголетние показатели на 10,1 мм. Частота выпадения осадков составило 5, из них один раз выпали неэффективные осадки нормой 4,7 мм. Распределение осадков в течение месяца благоприятствовало оптимальной вегетации многолетних трав. В первой декаде выпало осадков 39,5 мм и влажность почвы на контроле поднялась до 75% НВ, а на орошаемом варианте до 100% НВ (рисунок 18).

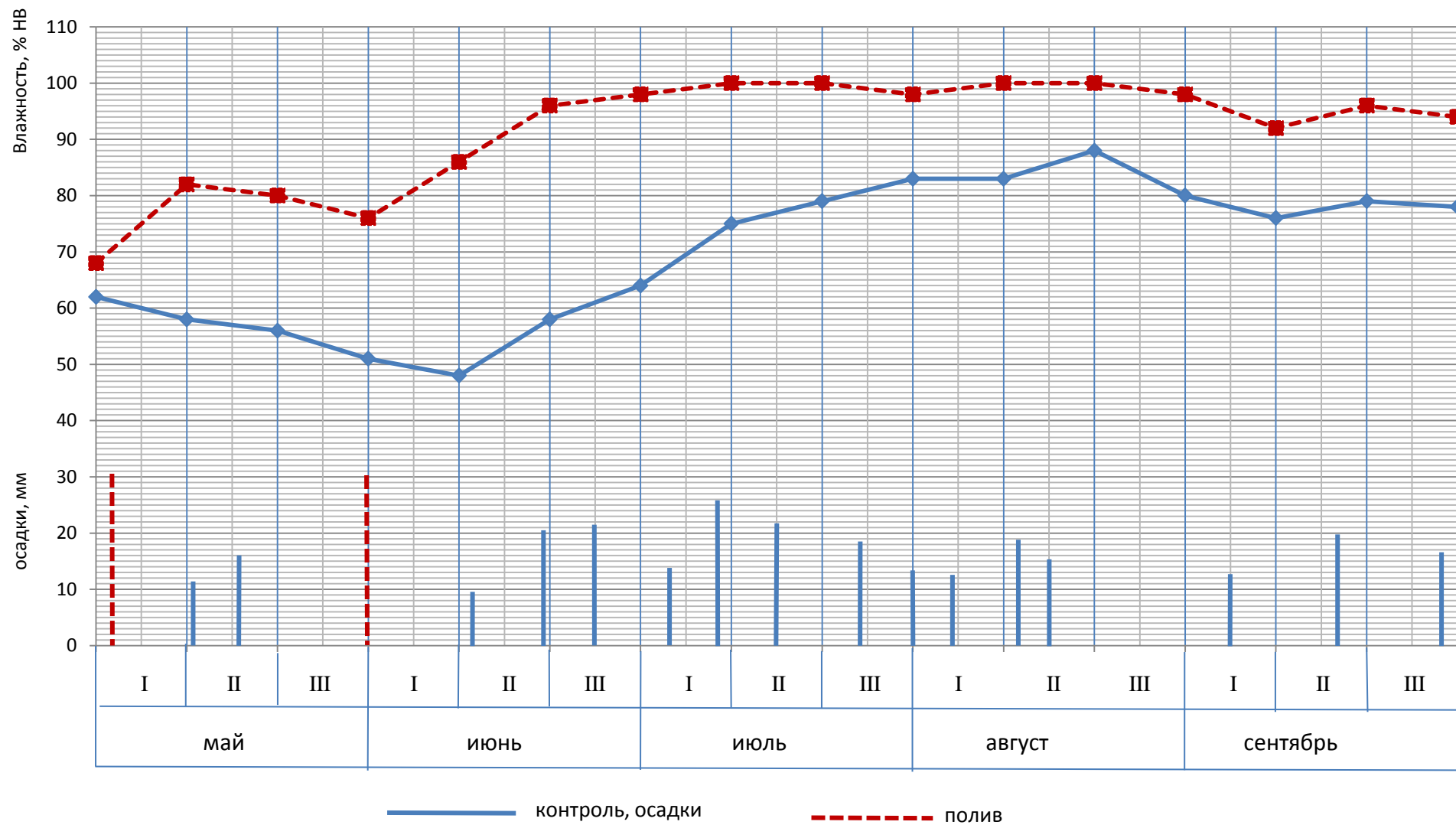


Рисунок 18 – Динамика влажности чернозема обыкновенного, 2015 г.

Во второй декаде мая, осадки, выпавшие нормой 21,5 мм, позволили повышению влажности почвы на контроле до 79% НВ, на орошении влажность варьировала в пределах 98-100% НВ. Третья декада июля характеризовалась одноразовыми осадками нормой 18,4 мм. В конце третьей декады июля был произведен первый укос многолетних трав при влажности почвы на контроле – 77% НВ, на орошении – 98% НВ.

Отрастание трав второго укоса, в начале первой декады августа, проходила в оптимальных условиях на изучаемых вариантах опыта, влажность почвы не опускалась ниже 80-100% НВ. Во второй декаде августа, рост и развитие многолетних трав проходил в благоприятных условиях увлажнения почвы, чему способствовали осадки нормой 33,8 мм. В третьей декаде августа, в период максимального формирования зеленой массы многолетних трав, влажность почвы была оптимальной для культур.

К концу вегетации многолетних трав второго укоса, в сентябре, осадки распределились следующим образом: в первой декаде выпало всего 12,4 мм, во второй декаде – 36,3 мм. Влагообеспеченность культур на орошении была достаточной для устойчивого роста и развития, на контроле близки к предполивному порогу увлажнения почвы – 80-100% НВ.

Следовательно, за вегетационный период 2015 года, атмосферные осадки не обеспечивали оптимальное увлажнение почвы, более того, с мая по июнь вегетация растений на контрольном варианте проходила в критических условиях увлажнения. В этих же условиях, на варианте с орошением, 2 полива нормами 300 м³/га, позволили поддерживать влагообеспеченность культур на уровне 80-100% НВ.

Наблюдения за динамикой влажности почвы и выпавшими осадками в вегетационный период 2015 года выглядит таким образом. Исходные запасы влаги в почве на начало мая составили на контроле – 62% НВ, на орошении – 68% НВ, что составило 977-1072 м³/га. На орошаемом варианте был проведен полив 3 мая нормой 300 м³/га и запасы влаги составили 1292 м³/га. Весь май, и начало июня отмечалось воздушной засухой, осадков было мало, и влажность

почвы на контрольном варианте опускалась до критических значений – 48% НВ. Для поддержания оптимальных значений увлажнения почвы и удовлетворения водопотребности растений на орошаемом варианте в третьей декаде мая был произведен второй полив нормой 300 м³/га. Начиная со второй декады июня, выпавшие осадки способствовали повышению влажности почвы на вариантах опыта.

Исследования за динамикой влажности почвы чернозема обыкновенного за вегетационный период 2016 года показали следующие результаты. По среднесуточным температурам воздуха и осадкам за период вегетации растений год был близок к среднегодовым показателям. Запасы влаги в начале отрастания трав первого укоса были ниже оптимальных значений: на контрольном варианте – 1041 м³/га, что соответствует 66% НВ; на орошаемом варианте – 1103 м³/га – 70% НВ. На варианте с орошением 2 мая был произведен полив нормой 300 м³/га, что позволил поддерживать влажность почвы на уровне 82% НВ.

Первая декада мая характеризовалась засушливостью, осадков не выпало. На контрольном варианте шло постепенное снижение влажности до 64% НВ и запасы влаги составили в 0-50 см слое почвы 1009 м³/га. Во второй декаде мая шло постепенное снижение влажности почвы на вариантах опыта, так как и в этот период выпадение осадков не наблюдалось. На варианте с орошением был произведен второй полив 20 мая нормой 300 м³/га, что способствовал поднятию влажности почвы до 90% НВ и соответственно запасы влаги составили 1418 м³/га. На контрольном варианте влажность опустилась до критической отметки – 55% НВ. В начале третьей декады, 22 мая, выпали осадки нормой 18,3 мм, что позволило поднять уровень влажности почвы на контроле незначительно, до 59% НВ.

В первой декаде июня осадков выпало 22,5 мм, что удерживало запасы влаги на контрольном варианте и орошении соответственно 993-1544 м³/га или же на уровне 63-98% НВ. Вторая декада июня была отмечена выпадением незначительных осадков, в сумме 17 мм. Наблюдалась небольшая тенденция к

увлажнению почвы, по сравнению с первой декадой на 4-3% НВ. В третьей декаде июня влажность почвы варьировала в пределах 69-94% НВ по вариантам опыта.

Июль характеризовался выпадением обильных осадков, в первой декаде выпало три осадка нормами от 12,3 до 15,3 мм с интервалами 3-5 суток. Выпавшие осадки способствовали благоприятному росту и развитию культур и на вариантах опыта было отмечено поднятие влажности почвы до 78% НВ на контроле и орошении до 100%. Вторая декада также благоприятствовала по количеству осадков для вегетации растений. Запасы влаги на варианте без орошения поднялись до оптимального уровня – 82% НВ, а на орошении варьировала в пределах 100% НВ. В третьей декаде июля, перед первым укосом трав, влажность не опускалась ниже предполивного порога увлажнения в 80-100% НВ.

Отрастание трав второго укоса проходило при достаточной увлажненности почвы на всех изучаемых вариантах опыта, поскольку в первую декаду августа выпали эффективные осадки нормой 23,8 мм. Влажность почвы на вариантах опыта были оптимальными для быстрого отрастания многолетних трав. В дальнейшие фазы развития трав, выпадающие осадки во второй и третьей декаде августа, также поддерживали влажность почвы на заданном уровне в 80-100% НВ.

Сентябрьские осадки, выпавшие в конце первой декады, нормой 30 мм, и последующие, поддерживали высокий уровень увлажненности почвы.

Вегетационный период 2016 года по метеорологическим условиям был близок к среднемноголетним показателям. Май отличался засушливостью, эффективных осадков фактически не выпало. Для поддержания уровня влажности на значениях 80-100% НВ на орошаемом варианте в мае было произведено два полива нормами 300 м³/га (рисунок 19).

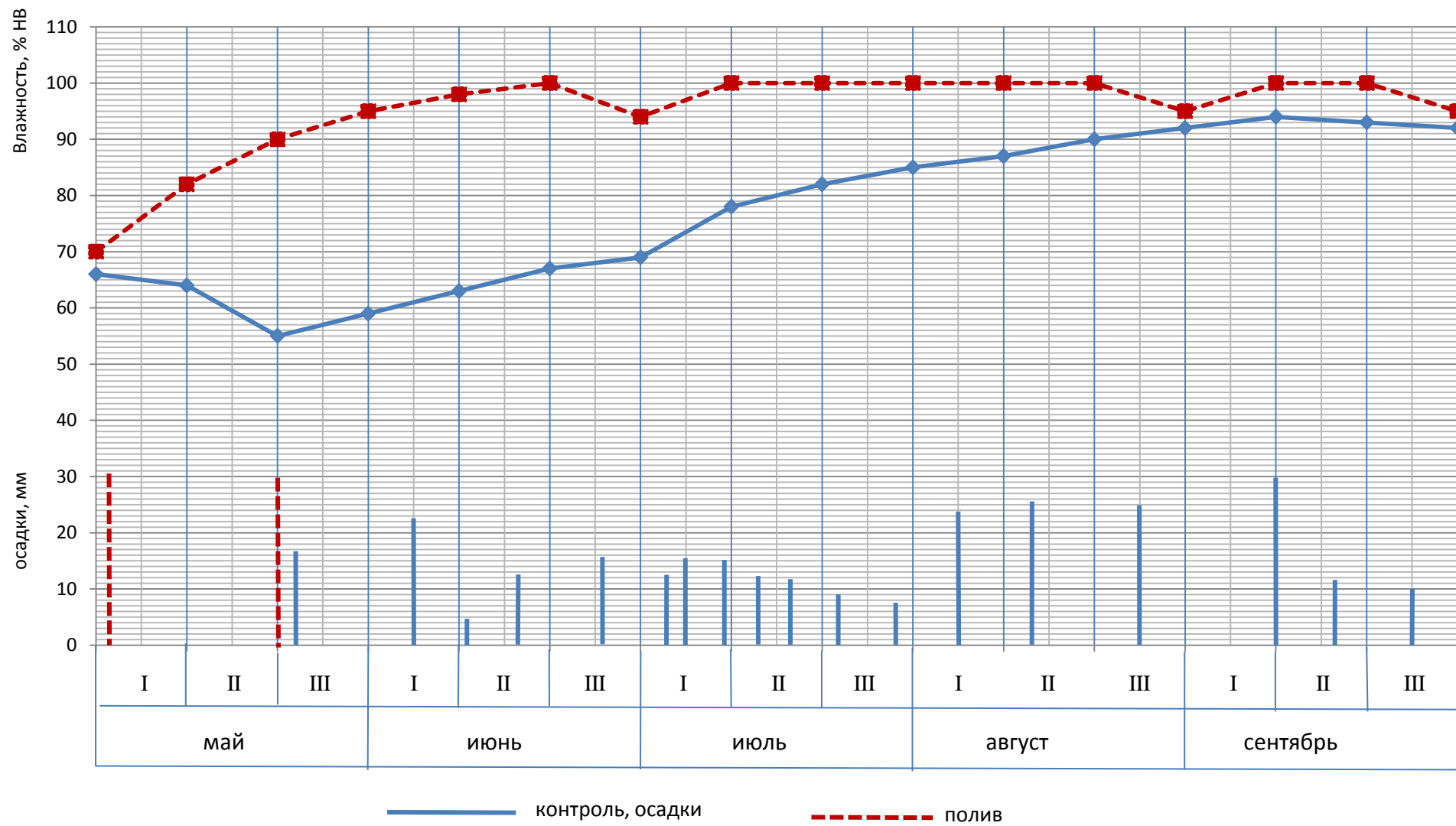


Рисунок 19 – Динамика влажности чернозема обыкновенного, 2016 г.

Таким образом, наблюдения за динамикой влажности чернозема обыкновенного под многолетними травосмесями в течение четырех лет показали, что атмосферное увлажнение не обеспечивает оптимальной влагообеспеченности растений. Особенно засушливым является май, период начала вегетации культур, когда влажность почвы опускается до критических значений. Для оптимального роста и развития растений в этот период требуется орошение.

5.1.2 Суммарное водопотребление и коэффициенты водопотребления многолетних травосмесей

Методы определения суммарного водопотребления культур подразделяются на методы непосредственных полевых измерений и расчетные методы, основанные на установлении корреляционной зависимости суммарного водопотребления с различными метеорологическими факторами. Коэффициент водопотребления является критерием эффективного использования воды и напрямую зависит от уровня урожайности культур [14,76].

В наших опытах расход воды на формирование урожайности многолетних трав отличался по годам. Надо отметить, что во все годы исследований к концу вегетации многолетних трав происходило увеличение запасов влаги в почве, чему способствовали осадки, выпадающие в конце августа – в начале сентября.

В вегетационный период *2013 года* суммарное водопотребление составило на контрольном варианте 284 мм, на орошении – 335 мм, при урожайности сена многолетних трав соответственно – 5,1-8,9 т/га. В суммарном водопотреблении основная статья прихода влаги наблюдается за счет осадков, на орошаемом варианте на долю полива приходится всего лишь 5%. Коэффициент водопотребления на контрольном варианте составил 56 мм/т, тогда как на орошении – 38 мм/т, что на 18 мм/т меньше на формирование единицы продукции. К концу вегетации культур, перед сенокошением, произошло накопление влаги в почве на контроле в 35 мм, на орошении – 14 мм (таблица 19).

Суммарный расход влаги в *2014 году* составил 278-351 мм по вариантам опыта при урожайности сена многолетних трав 4,3-8,7 т/га. Структура суммарного водопотребления на контроле сформирована полностью за счет осадков, на орошаемом варианте на долю осадков приходится 74%, за счет поливов – 26%. Коэффициент водопотребления на контроле при урожайности 4,3 т/га составил 64 мм/т, при орошении – 40 мм/т, урожайность 8,7 т/га. К концу

вегетации происходило увеличение почвенных влагозапасов: на контроле 3%, на орошении – 20% (таблица 19).

Таблица 19 – Суммарное водопотребление, урожайность и коэффициент водопотребления многолетних трав

Годы	Вариант	Приход влаги от:			Суммарное водопотребление, мм	Урожайность, т/га	Коэфф. водопотребления, мм/т
		осадков	поливов	запасов почвы			
1	2	3	4	5	6	7	8
2013	Контроль (без орошения)	$\frac{319}{112}$	-	$\frac{+35}{+12}$	284	5,1	56
	Орошение 80% НВ	$\frac{319}{95}$	$\frac{30}{9}$	$\frac{+14}{+4}$	335	8,9	38
2014	Контроль (без орошения)	$\frac{281}{101}$	-	$\frac{+3}{+1}$	278	4,3	64
	Орошение 80% НВ	$\frac{281}{80}$	$\frac{90}{26}$	$\frac{+20}{+6}$	351	8,7	40
2015	Контроль (без орошения)	$\frac{281}{111}$	-	$\frac{+28}{+11}$	253	3,9	65
	Орошение 80% НВ	$\frac{281}{94}$	$\frac{60}{20}$	$\frac{+42}{+14}$	299	8,1	37
2016	Контроль (без орошения)	$\frac{282}{115}$	-	$\frac{+36}{+15}$	246	4,1	60
	Орошение 80% НВ	$\frac{282}{92}$	$\frac{60}{20}$	$\frac{+36}{+12}$	306	9,2	33

в числителе – мм; в знаменателе – % от суммарного водопотребления; + – увеличение или уменьшение запасов влаги к концу вегетации.

Основу водопотребления на неорошаемом варианте в условиях *2015 года* составили осадки, выпавшие нормой 281 мм за период вегетации многолетних трав. Суммарное водопотребление на варианте с режимом увлажнения 80% составило 299 мм. Коэффициенты водопотребления по значению сильно

отличались по вариантам опыта, если на орошении этот показатель составил 37 мм/т, то на контрольном варианте – 65 мм/т. Урожайность сена многолетних трав на орошаемом варианте составила 8,1 т/га, что выше на 4,2 т/га по сравнению с контрольным вариантом. Произошло значительное накопление влаги в почве и составило по вариантам опыта от 28 мм до 42 мм.

На изучаемых вариантах опыта, расход влаги растениями для роста и развития в 2016 году выглядело следующим образом. Суммарное водопотребление на орошении было выше на 60 мм, чем без орошения. Основу водопотребления на контрольном варианте составили осадки, тогда как на орошаемом варианте на долю осадков приходилось 80%, на долю поливов – 20%. Коэффициенты водопотребления отличались по значениям почти в два раза – на контрольном варианте 60 мм /т, тогда как, на орошении – 33 мм/т. К концу вегетации многолетних трав наблюдалось накопление запасов влаги в почве и оно составило 36 мм по вариантам опыта.

Таким образом, изучив водный режим черноземов обыкновенных в течение четырех лет можно сказать следующее. Основу водопотребления в богарных условиях составляют осадки, в орошаемых условиях в зависимости от оросительной нормы на долю поливов приходится от 20-26%, за исключением 2013 года, где был проведен лишь один полив нормой 30 мм. Коэффициенты водопотребления варьировали по годам от 56 до 65 мм/т. Наблюдалось экономное расходование воды на варианте с режимом увлажнения 80% НВ и оно составило 33-40 мм/т по годам исследований. Урожайность сена многолетних трав в зависимости от уровня увлажненности почвы сильно отличаются. Самая высокая урожайность сена многолетних трав получена на орошении в условиях 2016 года – 9,2 т/га. В богарных условиях, в зависимости от метеорологических условий года, урожайность трав невысока и колеблется от 3,9 до 5,1 т/га. Надо заметить, что травы второго укоса по режиму увлажнения почвы находятся в более благоприятных условиях, за счет осадков выпадающих во второй половине лета. И эти осадки пополняют запас почвенной влаги, не участвуя в

формировании суммарного водопотребления и к сентябрю влажность почвы находится в пределах 80-100% НВ.

5.2 Влияние различных способов обработки

на агрофизические свойства

Ежегодные отвальные вспашки способствуют поддержанию плотности почвы пахотного горизонта в рыхлом состоянии, когда плотность сложения сразу после вспашки находится в зависимости от гранулометрического состава, содержания гумуса и органических остатков в пределах 0,7-0,95 г/см³. Пахотный горизонт обладает достаточно высокой водопроницаемостью. Однако ежегодные обработки с оборотом пласта вызывают разрушение почвенных агрегатов, быстрое заиливание поровых пространств. Ниже пахотного горизонта образуется уплотненная плужная подошва, являющаяся водонепроницаемым экраном для нижележащих горизонтов почвы. Поэтому влага осенних осадков в верхнем слое не проникает на большую глубину. К моменту снеготаяния весной верхний слой почвы оказывается насыщенным влагой и влага от таяния снега впитывается в ограниченных количествах. Остатки идут на формирование стока, вызывая эрозию

Следовательно, для снижения эрозии необходимо обеспечить такие условия, чтобы влага весенних осадков могла проникать как можно глубже, оставляя возможность свободного впитывания.

Многими исследователями [111,151,174,178] установлено, что агротехническими и агромелиоративными приемами можно регулировать в определенных пределах водно-физические свойства почвы: плотность сложения, общую скважность, размеры поровых пространств, и, как следствие, – водопроницаемость.

В наших исследованиях выявлено, что осеннее глубокое рыхление не нарушает структурного состояния чернозема обыкновенного. Коэффициент структурности почвы при глубоком рыхлении близок к естественным показателям структурности чернозема обыкновенного (таблица 20).

Таблица 20 – Влияние глубокого рыхления на структурное состояние чернозема обыкновенного

Вариант опыта	Время отбора		Количество агрегатов (%) размером (мм)		Коэффициент структурности	
	контроль	> 7	7 – 0,25			> 7
Контроль	Весна 1 года	36,8	54,7	Контроль	Весна 1 года	36,8
	Весна 2 года	38,2	58,3		Весна 2 года	38,2
	Весна 3 года	40,2	62,3		Весна 3 года	40,2
	Весна 4 года	39,8	57,4		Весна 4 года	39,8
Рыхление					Весна 1 года	

Как видно из таблицы 20, коэффициент структурности почвы при проведении глубокого рыхления почвы не ухудшился и этот показатель находился в пределах погрешности опыта.

После осеннего рыхления почвы, вначале следующей вегетации заметна разница плотности сложения и порозности между контролем и вариантом с глубоким рыхлением (таблица 21), но уже к концу вегетации различия в плотности почвы не существенны.

Таблица 21 – Динамика плотности сложения и порозности чернозема обыкновенного в зависимости от способа обработки

Глубина, см	Исходная плотность, г/см ³ , август	Плотность сложения почвы, г/см ³				Порозность, %			
		Июнь		сентябрь		июнь		сентябрь	
		контроль	Рыхление	контроль	рыхление	контроль	рыхление	контроль	рыхление
0-10	1,08	1,16	1,03	1,31	1,23	53,6	58,8	47,6	50,8
10-20	1,15	1,20	1,03	1,22	1,25	52,0	58,8	51,8	50,0
20-40	1,23	1,24	1,11	1,33	1,25	52,3	57,3	52,7	51,9
40-60	1,33	1,28	1,21	1,31	1,25	50,8	53,5	49,6	51,9
60-80	1,32	1,31	1,27	1,38	1,43	49,6	51,1	46,1	45,0

Уравнения зависимости плотности сложения и порозности почвы от способа обработки, выглядит следующим образом:

$$\text{Плотность (контроль)} = 1,15 + 0,0021 * \text{Глубина} \quad R^2 = 0,99$$

$$\text{Плотность} = 0,97 + 0,0037 * \text{Глубина} \quad R^2 = 0,99$$

(рыхление)

Где:

у – плотность Т/м³,

х – глубина, м,

R² – коэффициент детерминации.

$$\text{Порозность} = 53,77 - 0,050 * \text{Глубина} \quad R^2 = 0,94$$

(контроль)

$$\text{Порозность} = 60,83 - 0,117 * \text{Глубина} \quad R^2 = 0,97$$

(рыхление)

Где:

у – порозность Т/м³,

х – глубина, м,

R² – коэффициент детерминации.

Следовательно, после проведения глубокого мелиоративного рыхления водопроницаемость чернозема возрастает от 7 до 14,2 раза (рисунок 20).

Повышение водопроницаемости способствовало лучшему накоплению влаги осенних осадков, а за счет осенних запасов влажность почвы удерживалась на более высоком уровне в течение всей вегетации.

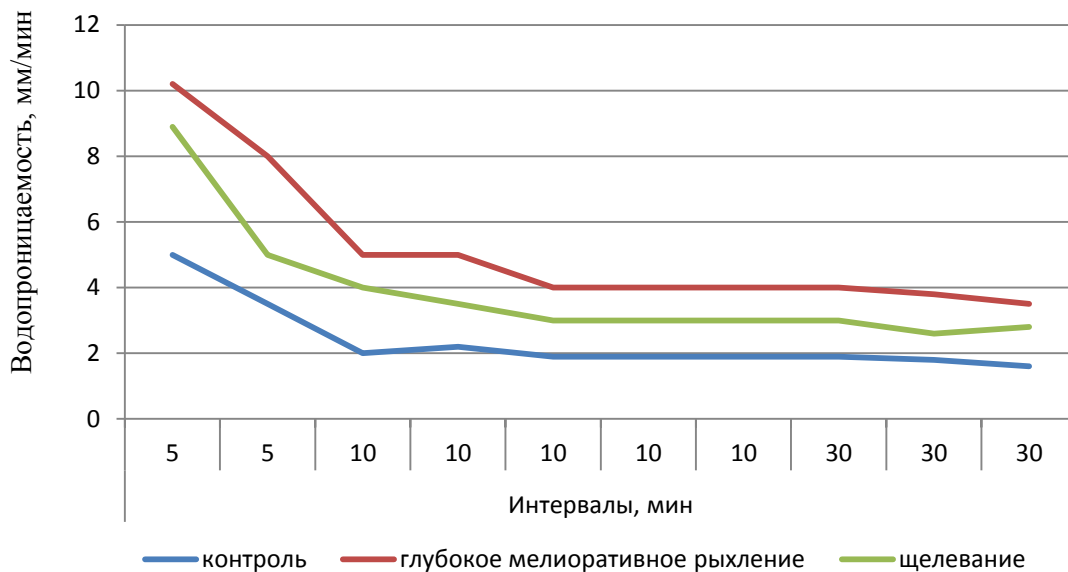


Рисунок 20 – Водопроницаемость чернозема обыкновенного в зависимости от способов обработки

Глубокое рыхление на глубину до 50 см обеспечивает рыхление подпахотных горизонтов (таблица 22), уменьшает плотность сложения почвы на 0,1-0,15 г/см³. В пахотном горизонте колебания плотности сложения по фону зяблевой вспашки с оборотом пласта по вариантам не существенные. Однако рыхление за счет крошения создает микрорельеф на поверхности почвы, особенно заметный на фоне стерни. Стерня на поверхности сохраняется, за исключением полос прохода стоек орудия.

Таблица 22 – Плотность сложения чернозема обыкновенного в зависимости от способа обработки почвы и состояния поверхности поля

Глубина, см	Плотность сложения почвы, г/см ³			
	контроль	глубокое рыхление	Щелевание	
			в пространстве между щелями	на расстоянии 7-15 см от роходащелевателя
Стерня				
0-10	1,06	1,05	1,06	1,04
10-20	1,05	1,04	1,07	1,03
20-30	0,22	1,12	1,23	1,09
30-40	1,33	1,22	1,32	1,22
0-20	1,06	1,05	1,07	1,04
20-40	1,28	1,17	1,28	1,16
Зябрь				
0-10	1,01	1,01	1,02	1,01
10-20	1,11	1,04	1,12	1,11
20-30	1,29	1,16	1,30	1,20
30-40	1,30	1,15	1,29	1,17
0-20	1,06	1,03	1,07	1,06
20-40	1,30	1,16	1,30	1,19

К концу вегетации, примерно через год после обработки, видимые различия в плотности подпахотного горизонта уменьшаются, но еще остаются существенными (таблица 23).

Таблица 23 – Плотность сложения чернозема обыкновенного в зависимости от способов обработки почвы (агрофон – стерня)

Глубина, см	Плотность почвы, г/ см ³		
	контроль	глубокое рыхление	щелевание
0-10	0,99	0,77	0,75
10-20	0,96	0,94	0,93
20-30	1,30	1,19	1,15

30-40	1,31	1,26	1,21
0-20	0,98	0,86	0,84
20-40	1,31	1,22	1,18

Иная картина наблюдается при обработке почвы щелекратователем на плотности сложения. В промежутках между проходами рабочего органа плотность почвы остается на том же уровне, что и в контроле. Возле прохода рабочего органа происходит крошение, и резкое снижение плотности почвы в подпахотном горизонте. На поперечном разрезе в местах прохода щелевателя почва с осени предельно рыхлая, отмечается масса пустот. После таяния снега пустоты заполняются почвой, смытой сверху, в подстилающей породе обнаруживается пространство, заполненное гумусированной рыхлой почвой. С осени на поверхности поля от прохода щелевателя образуется 2 параллельных валика высотой 5-7 см, которые весной почти исчезают.

Изучена зависимость сложения чернозема с глубиной от способов обработки почвы. Получены следующие регрессионные уравнения:

Зависимость плотности сложения с глубиной для контроля имеет вид:

$$y = 0,8115 + 0,013 \cdot x \quad R^2 = 0,879$$

Зависимость плотности сложения с глубиной для рыхления имеет вид:

$$y = 0,590 + 0,0178 \cdot x \quad R^2 = 0,980$$

Зависимость плотности сложения с глубиной для щелевания имеет вид:

$$y = 0,610 + 0,0160 \cdot x \quad R^2 = 0,979$$

Где:

y – плотность г/см³,

x – глубина, м,

R^2 – коэффициент детерминации.

Проведенный анализ показал, что плотность сложения почв находится в тесной связи с глубиной (коэффициент корреляции $R^2 = 0,88 - 0,98$). Однако на 95% уровне значимости нет достоверного различия зависимостей для разных способов обработки почвы.

В связи с изменением плотности сложения пахотного и особенно подпахотного горизонта водопроницаемость носит хорошо выраженные особенности в зависимости от способа обработки почвы. Кривые водопроницаемости имеют общие характеристики – быстрое падение в начале и постепенное выравнивание с тенденцией на ослабление.

Наибольшие величины водопроницаемости присущи варианту с глубоким рыхлением. Здесь преимущества по сравнению с контролем достигают 1,5-2 кратного значения.

В варианте со щелеванием водопроницаемость отражает особенности изменения водно-физических параметров по площади. В промежутках между проходами щелевателей водопроницаемость ничем не отличается от контроля; в непосредственной близости от прохода стойки щелевателя показатели водопроницаемости очень высокие, иногда выше, чем даже в варианте с глубоким рыхлением. Непосредственно над проходом рабочего органа отмечается провальная водопроницаемость, величину которой существующими методами учесть невозможно. Средняя же по площади скорость фильтрации (за исключением места над проходом рабочего органа) хотя и уступает варианту с глубоким рыхлением, но значительно выше контроля.

К основным агротехническим мероприятиям, направленным на достижение оптимальных параметров плотности сложения почвы, относятся ее глубокое рыхление и внесение органических удобрений.

Большое влияние на его значение оказывает обработка почвы. Как правило, наименьшую плотность почва имеет сразу же после культивации, которая способствует ее разрыхлению и увеличению объема пор.

ВЫВОДЫ

1. Гранулометрический состав, плотность сложения, общая порозность, водопроницаемость зависят от характера использования почв. По всему ряду изученных агрофизических свойств почв пахотные черноземы уступают целинным аналогам, расположенным в похожих условиях ландшафта. Постирригационные почвы, трансформированные в залежь, по агрофизическим свойствам уступают целинному аналогу, но по некоторым показателям превосходят пахотные почвы. Диапазон неблагоприятных свойств черноземов, приобретаемых в результате орошения, довольно широк и проявляется практически на всех уровнях их структурной организации. Следует отметить, поливы экологически безопасными поливными нормами в $300 \text{ м}^3/\text{га}$ не ухудшают физических свойств почв, в отличие от грузных поливных норм, которые обуславливают однонаправленное и заметное выражение основных показателей в сторону их ухудшения.

2. Содержание общего азота на целинных черноземах за период наблюдения не претерпело существенного изменения, на пахотных почвах наблюдалось снижение содержания данного элемента. На постирригационных почвах были низкие показатели общего азота, по сравнению с целинными и пахотными аналогами. Количество нитратного азота за период наблюдения значительно увеличилось на целинных почвах. В пахотных почвах за этот же период отмечено снижение содержания нитратного азота. В постирригационных почвах содержание данного элемента ниже, чем в пахотных. Исследуемые почвы характеризуются высоким содержанием валового фосфора. В период наблюдений выявлена тенденция к незначительному увеличению данного элемента в целинных почвах, к уменьшению в пахотных, а в постирригационных – значительные потери валового фосфора. Содержание валового калия за двадцатилетний период наблюдений был практически одинаков в почвах разного хозяйственного использования. Сумма поглощенных оснований в

целинных почвах со временем увеличивается, а в пахотных – уменьшается. Самое низкое содержание выявлено в постирригационных почвах.

3. Содержание гумуса в черноземных почвах разного хозяйственного использования в системе мониторинга можно предположить следующее: содержание гумуса в целинных почвах особых изменений со временем не претерпевает и наблюдается тенденция к увеличению. Гумус в старопахотных почвах со временем уменьшается. В почвах постирригационных участков происходит увеличение содержания гумуса.

4. Существенные изменения структурно-агрегатного состава обыкновенных черноземов происходит в условиях орошения в зависимости от норм полива. Орошение данных почв в 80- годах прошлого столетия велось грузными поливными нормами, что привело ухудшению структурно-агрегатного состава. После прекращения функционирования оросительной системы эти почвы находились в состоянии залежи. Критерии водопрочности после двадцатилетнего периода залежи не изменились и составили соответственно по слоям 66-69%.

5. Наблюдения за динамикой влажности чернозема обыкновенного под многолетними травосмесями в течение четырех лет показали, что атмосферное увлажнение не обеспечивает оптимальной влагообеспеченности растений. Особенно засушливым является май, период начала вегетации культур, когда влажность почвы опускается до критических значений. Для оптимального роста и развития растений в этот период требуется орошение.

6. Изучив водный режим черноземов обыкновенных в течение четырех лет можно сказать следующее. Основу водопотребления в богарных условиях составляют осадки, в орошаемых условиях в зависимости от оросительной нормы на долю поливов приходится от 20-26%, Коэффициенты водопотребления варьировали по годам от 56 до 65 мм/т. Наблюдалось экономное расходование воды на варианте с режимом увлажнения 80% НВ и оно составило 33-40 мм/т по годам исследований.

7. Урожайность сена многолетних трав в зависимости от уровня увлажненности почвы сильно отличаются. Самая высокая урожайность сена многолетних трав получена на орошении – 9,2 т/га. В богарных условиях, в зависимости от метеорологических условий года, урожайность трав невысокая и колеблется от 3,9 до 5,1 т/га.

8. В зависимости от способов обработки чернозема обыкновенного оптимизируются основные агрофизические свойства почвы.

Рекомендации производству

Для получения максимальной урожайности сена многолетних трав, требуется орошение 9,2 т/га. Следует отметить, в годы расчетной обеспеченности осадками 90%, необходимо проводить поливы экологически безопасными поливными нормами в 300 м³/га. Для оптимального роста и развития растений, необходимо оптимизировать водный режим почвы.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение оросительных и мелиоративных систем с целью оптимизации роста и развития растений сухостепной зоны республик Тыва и Хакассия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Авдеева, Т.Н.* Эволюция пахотных черноземов Курской области / *Т.Н. Авдеева.* – Текст: непосредственный // Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования. – Воронеж: Научная книга, 2017. – С. 72-76.
2. Агроклиматические ресурсы Красноярского края и Тувинской АССР: справочник. – Красноярск: Гидрометеиздат, 1974. – 211 с. – Текст: непосредственный.
3. Агрофизические методы исследования почв. – Москва: Наука, 1965. – 259 с. – Текст: непосредственный.
4. Агрохимические методы исследования почв. – Москва: Наука, 1975. – 656 с. – Текст: непосредственный.
5. *Адерихин, П.Г.* Фосфор в почвах и земледелии Центрально-Черноземной полосы / *П.Г. Адерихин.* – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1970. – 248 с. – Текст: непосредственный.
6. *Аксенова, Ю.В.* Оценка мелиоративного состояния длительно орошаемых лугово-черноземных почв Омского прииртышья / *Ю.В. Аксенова.* – Текст: непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 8. – С. 33-35.
7. *Аксенова, Ю.В.* Современное структурное состояние длительно орошаемых лугово-черноземных почв / *Ю.В. Аксенова.* – Текст: непосредственный // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 5-6. – С. 63-65.
8. *Азаренко, Ю.А.* Эколого-агрохимическая оценка содержания микроэлементов в почвах и растениях лесостепной и степной зон Омской области / *Ю.А. Азаренко, В.Н. Красницкий, Ю.И. Ермохин.* – Текст: непосредственный // Плодородие. – 2010. – № 5. – С. 49-52.

9. *Андреева, Т.П.* Прогнозирование процессов деградации черноземов Ростовской области / *Т.П. Андреева, А.В. Акоюн.* – Текст: непосредственный // Вопросы мелиорации. – 2010. – № 3-4. – С. 48-54.
10. *Афанасьев, Р.А.* К методике дисперсионного анализа результатов многолетних полевых опытов / *Р.А. Афанасьев.* – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 2004. – № 5. – С. 85-91.
11. *Афанасьев, Р.А.* Формирование матриц и обработка данных при дисперсионном анализе результатов полевых опытов / *Р.А. Афанасьев.* – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2008. – № 4. – С. 44-46.
12. *Ахтырцев, Б.П.* Водно-физические свойства типичных черноземов Среднерусской возвышенности в условиях интенсивного использования / *Б.П. Ахтырцев, И.А. Лепилин.* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2011. – № 4. – С. 444-454.
13. *Бадмаева, С.Э.* Агроландшафты на орошаемых землях Средней Сибири / *С.Э. Бадмаева, Н.Т. Струков, В.М. Комарова.* – Красноярск, 2001. – 167 с. – Текст: непосредственный.
14. *Бадмаева, С.Э.* Гидрохимический анализ воды р. Енисей для целей ирригации / *С.Э. Бадмаева, Ю.В. Бадмаева.* – Текст: непосредственный // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 7. – С. 109-113.
15. *Бадмаева, С.Э.* Научные основы рационального использования орошаемых агроландшафтов Восточной Сибири / *С.Э. Бадмаева, М.Г. Меркушева.* – Красноярск, 2014. – 412 с. – Текст: непосредственный.
16. *Бадмаева, С.Э.* Экологическая оценка орошаемых черноземов юга Средней Сибири / *С.Э. Бадмаева, К.В. Макушкин.* – Текст: непосредственный // Генезис, география, классификация почв и оценка почвенных ресурсов: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Архангельск, 2010. – С. 228-231.
17. *Бадмаева, С.Э.* Эколого-мелиоративные исследования в Средней Сибири / *С.Э. Бадмаева.* – Красноярск, 2004. – 141 с. – Текст: непосредственный.

18. *Балашова, Н.Н.* Экономическая оценка эффективности применения технологий сельскохозяйственного производства: региональный аспект / *Н.Н. Балашова, И.С. Карабельников, Д.А. Ишкин.* – Текст: непосредственный // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 4. – С. 272-280.

19. *Боронина, Н.Ю.* Охрана сельскохозяйственных земель на агроландшафтной основе / *Н.Ю. Боронина, С.И. Ещенко, В.Л. Татаринцев, Л.М. Татаринцев.* – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского ГАУ. – 2018. – № 6. – С. 68-74.

20. *Белюченко, И.С.* Изменение водно-физических свойств пахотного слоя чернозема обыкновенного при внесении сложного компоста / *И.С. Белюченко, Д.А. Славгородская.* – Текст: непосредственный // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 6. – С. 47-49.

21. *Безднина, С.Я.* Экологические основы водопользования / *С.Я. Безднина.* – Москва: Изд-во ВНИИАгрохимии, 2005. – 223 с. – Текст: непосредственный

22. *Безруких, В.А.* Географические факторы формирования и функционирования современного землепользования на территории Красноярского края / *В.А. Безруких, О.Ю. Елин.* – Красноярск: Изд-во КГПУ, 2014. – 232 с. – Текст: непосредственный.

23. *Безруких, В.А.* Продуктивность почвенного покрова ландшафтов староосвоенных районов Красноярского края как экономическая предпосылка / *В.А. Безруких.* – Текст: непосредственный // Проблемы современной экономики. – 2009. – № 1. – С. 54-61.

24. *Бережняк, М.Ф.* Агрофизические свойства чернозема обыкновенного при различных системах обработки в условиях орошения / *М.Ф. Бережняк.* – Текст: непосредственный // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – № 3. – С. 46-51.

25. *Биккинина, Л.М.Х.* Изменение структурно-агрегатного состояния чернозема выщелоченного под влиянием природных минералов /

Л.М.Х. Биккинина, Ш.А. Аллиев, А.Х. Яппаров [и др.]. – Текст: непосредственный // *Агрофизика*. – 2019. – № 4. – С. 9-14.

26. *Даденко, Е.В.* Биологическая активность чернозема обыкновенного при длительном использовании под пашню / *Е.В. Даденко, М.А. Мясникова, К.Ш. Казеев* [и др.]. – Текст: непосредственный // *Почвоведение*. – 2014. – № 6. – С. 724-733.

27. *Бугаков, П.С.* Агрохимическая характеристика почв земледельческой зоны Красноярского края / *П.С. Бугаков, В.В. Чупрова*. – Красноярск, 1995. – 176 с. – Текст: непосредственный.

28. *Бугаков, П.С.* Почвы Красноярского края / *П.С. Бугаков, В.В. Чупрова, В.Н. Горбачев*. – Красноярск, 1981. – 126 с. – Текст: непосредственный.

29. *Булгаков, В.И.* Экологически безопасные нормы орошения, дифференцированные по почвенно-климатическим зонам Алтайского края / *В.И. Булгаков, И.Л. Аванесян, Т.А. Капустина*. – Текст: непосредственный // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2004. – № 4. – С. 21-23.

30. *Вадюнина, А.Ф.* Методы исследования физических свойств почв / *А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина*. – Москва: Агропромиздат, 1998. – 415 с. – Текст: непосредственный.

31. *Варламов, А.А.* Экология и использование земель / *А.А. Варламов*. – Москва: Знание, 1991. – 64 с. – Текст: непосредственный.

32. *Васильев, С.М.* Ретроспективный анализ изменения почвенно-мелиоративных условий орошаемых почв юга Ростовской области / *С.М. Васильев, Ю.Е. Домашенко*. – Текст: непосредственный // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. – 2016. – № 3 (43). – С. 17-24.

33. *Васильченко, Н.И.* Влияние орошения на физико-химические свойства чернозема обыкновенного Северного Казахстана / *Н.И. Васильченко, Р.В. Юманкулов*. – Текст: непосредственный // *Вестник КрасГАУ*. – 2016. – № 5. – С. 3-9.

34. *Великанова, Г.С.* Изменение агрохимических показателей черноземных почв в результате длительного сельскохозяйственного использования / *Г.С. Великанова, В.А. Тришина.* – Текст: непосредственный // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России. – 2019. – С. 109-112.

35. *Верещенко, Ю.П.* Агрофизическая характеристика почв центральной части Красноярского края / *Ю.П. Верещенко.* – Москва: Изд-во АН СССР, 1961. – С. 29-75. – Текст: непосредственный.

36. *Верхошеница, Ю.П.* Влияние плоскостной эрозии на химические свойства чернозема южного Оренбургского Предуралья / *Ю.П. Верхошеница, С.В. Хардикова.* – Текст: непосредственный // Вестник ОГУ. – 2013. – № 10 (159). – С. 237-240.

37. *Носко, Б.С.* Влияние длительного применения минеральных и органических удобрений на фосфатный фонд чернозема типичного легкосуглинистого / *Б.С. Носко, А.И. Шевченко, В.И. Бабынин* [и др.]. – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 2008. – № 9. – С. 23-28.

38. *Мамонтов, В. Г.* Влияние сельскохозяйственного использования чернозема типичного на его структурное состояние и содержание органического углерода в агрегатах разного размера / *В.Г. Мамонтов* [и др.]. – Текст: непосредственный // Известия ТСХА. – 2016. – Вып. 6. – С. 22-29.

39. *Ларионов, Г.А.* Влияние температуры воды и влажности почвы на эродируемость образцов чернозема (модельный опыт) / *Г.А. Ларионов* [и др.]. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2014. – № 7. – С. 890-896.

40. *Воеводина, Л.А.* Структурное состояние черноземов обыкновенных в орошаемых и неорошаемых условиях / *Л.А. Воеводина.* – Текст: непосредственный // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2016. – № 2 (22). – С. 41-55.

41. *Высоцкая, Е.А.* Оптимизация экологического состояния и функционирования базовых компонентов черноземных агроэкосистем восточной части ЦЧР в условиях повышенной антропогенной нагрузки:

автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / *Высоцкая Елена Анатольевна* – Москва, 2013. – 35 с. – Текст: непосредственный.

42. *Галеева, Л.П.* Изменение свойств черноземов выщелоченных северной лесостепи Приобья при различном сельскохозяйственном использовании / *Л.П. Галеева.* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2012. – № 2. – С. 236-249.

43. *Голованов, А.И.* Ландшафтоведение / *А.И. Голованов, Е.С. Кожанов, Ю.И. Сухарев.* – Москва: КолосС, 2005. – 214 с. – Текст: непосредственный.

44. *Голованов, А.И.* Актуальные вопросы мелиорации земель / *А.И. Голованов.* – 2011. – С. 44-47. – Текст: непосредственный.

45. *Горбунова, Н.С.* Влияние орошения на свойства чернозема выщелоченного / *Н.С. Горбунова, Е.В. Куликова, Д.И. Щеглов.* – Текст: непосредственный // Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования. – Воронеж: Научная книга, 2017. – С. 452-456.

46. *Горшенин, К.П.* Почвы южной части Сибири / *К.П. Горшенин.* – Москва: Изд-во АН СССР, 1955. – 591 с. – Текст: непосредственный.

47. ГОСТ 26107-84. Почвы. Методы определения общего азота. – Москва: Изд-во стандартов, 1984. – Текст: непосредственный.

48. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – Москва: Изд-во стандартов, 1992. – Текст: непосредственный.

49. ГОСТ 26261-84. Почвы. Методы определения валового фосфора и валового калия. – Москва: Изд-во стандартов, 1984. – Текст: непосредственный.

50. ГОСТ 26423-85. Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – Москва: Изд-во стандартов, 1985. – Текст: непосредственный.

51. ГОСТ 26487-85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. – Москва: Изд-во стандартов, 1985. – Текст: непосредственный.

52. Градобоев, Н.Д. Природные условия и почвенный покров левобережной части Минусинской впадины / Н.Д. Градобоев. – Текст: непосредственный // Почвы Минусинской впадины. – Москва: Изд-во АН СССР, 1954. – 148 с.

53. Градобоев, Н.Д. Структурность лесостепных и степных почв Сибири / Н.Д. Градобоев. – Текст: непосредственный // Воспроизводство травопольной системы в Сибири. – Новосибирск, 1950. – С. 35-46.

54. Дарбакова, Н.Е. Эколого-экономические проблемы сельскохозяйственного землепользования / Н.Е. Дарбакова, В.Г. Доржиева. – Текст: непосредственный // Актуальные проблемы и перспективы развития экономики: российский и зарубежный опыт – 2018. – № 14 – С. 61-64.

55. Дедов, А.В. Воспроизводство органического вещества почв ЦЧР / А.В. Дедов, М.А. Несмеянова, А.А. Дедов; Воронеж. гос. аграр. ун-т. – Воронеж, 2016. – 227 с. – Текст: непосредственный.

56. Дедов, А.В. Роль бинарных посевов в увеличении содержания в почве гумуса и детрита / А.В. Дедов, М.А. Несмеянова, А.А. Дедов. – Текст: непосредственный // Плодородие. – 2015. – № 4. – С. 32-34.

57. Державин, Л.М. Влияние содержания подвижного фосфора в почве на урожай озимой пшеницы и эффективность фосфорных удобрений / Л.М. Державин, Р.Н. Попова, Л.М. Зимина. – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 1979. – № 6. – С. 26-33.

58. Добровольский, Г.В. Принципы и задачи почвенного мониторинга / Г.В. Добровольский, Д.С. Орлов, Л.А. Гришина. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 1983. – № 11. – С. 12-18.

59. Доклад о состоянии и использовании земель Красноярского края за 2017 год. – Красноярск, 2016. – 214 с. – Текст: непосредственный.

60. *Докучаева, Л.М.* Изменение направленности почвенных процессов при снижении водной нагрузки на орошаемые земли / *Л.М. Докучаева, Р.Е. Юркова*; РосНИИПМ. – Новочеркасск, 2012. – 54 с. – Деп. в ВИНТИ 07.07.12, № 292-В2012. – Текст: непосредственный.

61. *Докучаева, Л.М.* Оценка почвообразовательных процессов длительно орошаемых пресной водой черноземов обыкновенных / *Л.М. Докучаева, Р.Е. Юркова*. – Текст: непосредственный // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – № 1 (25). – С. 66-80.

62. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта / *Б.А. Доспехов*. – Москва: Колос, 1979. – 416 с. – Текст: непосредственный.

63. *Дубачинская, Н.Н.* Зависимость продуктивного запаса влаги от водно-физических свойств комплексных солонцовых почв в условиях степной зоны приуралья / *Н.Н. Дубачинская, А.С. Верещагина*. – Текст: непосредственный // Norwegian Journal of Development of the International Science. – 2019. – № 3-2. – С. 5-9.

64. *Дубовик, Д.В.* Эффективность различных способов основной обработки почвы и прямого посева при возделывании озимой пшеницы на черноземных почвах / *Д.В. Дубовик, В.И. Лазарев, А.Я. Айдиев, Б.С. Ильин*. – Текст: непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – № 12. – С. 26-29.

65. *Евдокимова, Т.И.* Изменение свойств чернозема типичного под влиянием сельскохозяйственного использования / *Т.И. Евдокимова*. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 1999. – № 5. – С. 652-660.

66. *Жеруков, Б.Х.* Удобрение и орошение как факторы интенсификации адаптивно-ландшафтного земледелия / *Б.Х. Жеруков, Т.Б. Шалов*. – Текст: непосредственный // Аграрная наука. – 2012. – № 12. – С. 16-18.

67. *Зайдельман, Ф.Р.* Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов / *Ф.Р. Зайдельман*. – Москва: Изд-во КДУ, 2009. – 720 с. – Текст: непосредственный.

68. *Зайдельман, Ф.Р.* Генезис, гидрология и свойства переувлажненных поверхностными водами почв мезопонижий Севера Рязанской лесостепи / *Ф.Р. Зайдельман, А.П. Шваров, Т.М. Гинзбург.* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2007. – № 9. – С. 1029-1040.

69. *Зайдельман, Ф.Р.* Мелиорация почв / *Ф.Р. Зайдельман.* – Москва: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с. – Текст: непосредственный.

70. *Зверева, Е.А.* Эффективность фосфорных удобрений в зависимости от содержания подвижного фосфора в темно-каштановой почве и предкавказском карбонатном черноземе, прогнозирование изменения содержания фосфора в почвах и расчет норм фосфорных удобрений / *Е.А. Зверева.* – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 1983. – № 10. – С. 58-69.

71. *Зимовец, Б.А.* Оценка деградации орошаемых почв / *Б.А. Зимовец.* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 1996. – № 9. – С. 1119-1126.

72. *Зинковский, В.Н.* Управление плодородием почв в ландшафтно-мелиоративных системах земледелия / *В.Н. Зинковский, Т.С. Зинковская.* – Текст: непосредственный // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 4. – С. 16-20.

73. *Зятькова, Л.К.* Минусинская впадина / *Л.К. Зятькова, О.А. Раковец.* – Текст: непосредственный // Алтай-Саянская горная область. – Москва: Наука, 1969. – 185 с.

74. *Иванов, С.В.* Влияние сельскохозяйственного использования на свойства чернозема обыкновенного Красноярского края / *С.В. Иванов, К.Е. Дергач, С.А. Алымов, А.В. Осипов.* – Текст: непосредственный // Colljguim-journal. – 2019. – № 26-2 – С. 18-19.

75. Инновационные технологии повышения продуктивности агроландшафтов Восточной Сибири / *С.Э. Бадмаева [и др.].* – Красноярск, 2017. – 375 с. – Текст: непосредственный.

76. *Йонко, О.А.* Влияние орошения на некоторые свойства черноземов / *О.А. Йонко, Д.А. Коваленко, К.В. Шевченко.* – Текст: непосредственный //

Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования. – Воронеж: Научная книга, 2017. – С. 36-42.

77. *Йонко, О.А.* Особенности состава микробоценоза карбонатных черноземов / *О.А. Йонко, О.А. Быкова.* – Текст: непосредственный // Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования. – Воронеж: Научная книга, 2017. – С. 263-267.

78. *Каллас, Е.В.* Свойства степных почв Средней Сибири и проблема их деградации / *Е.В. Каллас.* – Текст: непосредственный // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 3 (178). – С. 164-170.

79. *Карпинский, Н.П.* Изменение степени подвижности почвенных фосфатов в длительных микрополевых опытах при внесении фосфорных удобрений / *Н.П. Карпинский, Н.М. Глазунова.* – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 1993. – № 9. – С. 3-13.

80. *Касицкий, Ю.И.* Агрохимические аспекты решения проблемы фосфора в земледелии СССР / *Ю.И. Касицкий.* – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 1983. – № 10. – С. 16-31.

81. *Касицкий, Ю.И.* Об оптимальном уровне обеспеченности подвижным фосфором предкавказского выщелоченного чернозема / *Ю.И. Касицкий, Р.Х. Мугу, А.А. Лупина.* – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 1985. – № 4. – С. 21-31.

82. *Качинский, Н.А.* Физика почвы. Ч. 2 / *Н.А. Качинский.* – Москва: Высшая школа, 1970. – 358 с. – Текст: непосредственный.

83. *Кильдюшкин, В.М.* Влияние различных технологий возделывания на продуктивность озимой пшеницы и плодородие чернозема выщелоченного / *В.М. Кильдюшкин, А.Г. Солдатенко, Е.Г. Животовская.* – Текст: непосредственный // Масличные культуры. – 2019. – № 3. – С. 64-67.

84. *Кирейчева, Л.В.* Подходы к обоснованию размещения сельскохозяйственных мелиораций / *Л.В. Кирейчева.* – Текст: непосредственный // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – № 4. – С. 11-15.

85. *Кирейчива, Л.В.* Значение комплексных мелиораций для формирования продуктивности и устойчивости агроландшафтов / *Л.В. Кирейчива, И.В. Белова.* – Текст: непосредственный // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 4. – С. 23-25.

86. *Кирюшин, В.И.* Основные принципы разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия / *В.И. Кирюшин.* – Текст: непосредственный // Земледелие. – 1996. – № 3. – С. 42-44; № 4. – С. 38-41.

87. *Козут, Б.М.* Оценка уровней эродированности черноземов по относительной степени их гумусированности / *Б.М. Козут.* – Текст: непосредственный // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2015. – Вып. 78. – С. 59-68.

88. *Козут, Б.М.* Потери и воспроизводство органического вещества в пахотных почвах / *Б.М. Козут.* – Текст: непосредственный // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирование систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии / Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. – Москва, 2013. – Т. 1. – С. 369-382.

89. *Кольцова, О.М.* Экологические аспекты химическая мелиорация черноземов выщелочных / *О.М. Кольцова.* – Текст: непосредственный // Биологизация земледелия. – 2019. – С. 193-199.

90. Комплекс мероприятий, направленных на сохранение и восстановление почвенного плодородия при циклическом орошении сельскохозяйственных культур в Краснодарском крае: методические указания. – Новочеркасск: Изд-во РосНИИПМ, 2015. – 76 с. – Текст: непосредственный.

91. *Коржов, С.И.* Плодородие чернозема обыкновенного при длительном применении обработки почвы / *С.И. Коржов, Т.А. Трофимова.* – Текст: непосредственный // Плодородие. – 2009. – № 2. – С. 44-45.

92. *Королев, В.А.* Изменение основных физических свойств черноземов обыкновенных под влиянием орошения / *В.А. Королев.* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2008. – № 10. – С. 1234-1240.

93. *Королев, В.А.* Особенности водопроницаемости в целинных и освоенных черноземах / *В.А. Королев.* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2007. – № 9. – С. 1078-1085.

94. *Королев, В.А.* Оценка изменения структурного состояния черноземов типичных при орошении / *В.А. Королев.* – Текст: непосредственный // Вестник ВГУ. – 2006. – № 1. – С. 120-128.

95. *Кравченко, Ю.С.* Российский чернозем: Генезис, распределения и управления / *Ю.С. Кравченко.* – Текст: непосредственный // Научные труды SWorld. – 2015. – Т. 23, № 1. – С. 23-26.

96. *Кружилин, И.П.* Влияние орошения на почвы и ландшафты степей / *И.П. Кружилин, А.С. Морозов.* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 1993. – № 11. – С. 59-64.

97. *Кружилин, И.П.* Ландшафтоохранные требования к орошению земель в засушливой зоне / *И.П. Кружилин.* – Текст: непосредственный // Научные труды ВНИИОЗ. – Волгоград, 1994. – С. 3-5.

98. *Кружилин, И.П.* О концепции целевой программы развития мелиорации земель с учетом выполнения требований Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации / *И.П. Кружилин.* – Текст: непосредственный // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2009. – № 2. – С. 51-57.

99. *Крупкин, П.И.* Почвенный покров – основа природного районирования и сельскохозяйственного использования геоморфологически сложной территории земледельческой части Красноярского края / *П.И. Крупкин.* – Текст: непосредственный // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 6. – С. 23-33.

100. *Крупкин, П.И.* Черноземы Красноярского края / *П.И. Крупкин.* – Красноярск, 2002. – 331 с. – Текст: непосредственный.

101. *Кудрявцев, А.Е.* Агроэкологическое состояние плодородия пахотных почв Алтайского приобья и межгорных котловин Алтая: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / *Кудрявцев Андрей Ермолаевич* – Уфа, 2013. – 61 с. – Текст: непосредственный.

102. *Кузнецова, В.И.* Изменения физического состояния черноземов типичных и выщелоченных Курской области за 40 лет / *В.И. Кузнецова.* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2013. – № 4. – С. 434-441.

103. *Кузнецова, В.И.* Нормативы изменения физических свойств пахотных черноземов лесостепной зоны Европейской России в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования / *В.И. Кузнецова, В.Ф. Уткаев, А.Г. Бондарев.* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2014. – № 1. – С. 71-81.

104. *Кураченко, Н.Л.* Оценка и динамика агрофизического состояния черноземов и серых лесных почв Красноярской лесостепи: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / *Кураченко Наталья Леонидовна* – Томск, 2010. – 35 с. – Текст: непосредственный.

105. *Кураченко, Н.Л.* Современное агрофизическое состояние черноземов Красноярской лесостепи / *Н.Л. Кураченко.* – Текст: непосредственный // Современное состояние черноземов: материалы Международной научно-практической конференции. – Ростов на Дону, 2013. – С. 169-171.

106. *Кураченко, Н.Л.* Структурное состояние черноземов обыкновенных солонцеватых Красноярской лесостепи / *Н.Л. Кураченко, Г.Н. Бондаренко.* – Текст: непосредственный // Вестник БГСХА. – 2010. – № 3 (20). – С. 18-23.

107. *Лозовицкий, П.С.* Мониторинг гумусового состояния почв Ингулецкой оросительной системы / *П.С. Лозовицкий.* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2012. – № 3. – С. 336-349.

108. *Максименко, В.П.* Глубокое рыхление как способ повышения эффективности ресурсосберегающего земледелия / *В.П. Максименко, Т.Л. Волчкова, С.А. Меньшикова.* – Текст: непосредственный // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 3. – С. 38-43.

109. *Маркова, А.Л.* Инновационные образования в развитии сельских территорий / *А.Л. Маркова.* – Текст: непосредственный // *Земледелие.* – 2019. – № 8. – С. 26-29.

110. *Масютенко, Н.П.* Связь показателей гумусного состояния чернозема типичного с урожайностью озимой пшеницы / *Н.П. Масютенко, А.В. Кузнецов, М.Н. Масютенко, М.А. Припутнева.* – Текст: непосредственный // *Земледелие.* – 2019. – № 8. – С. 26-29.

111. *Медведев, В.В.* Анализ опыта Европейских стран в поведении мониторинга почвенного покрова (обзор) / *В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова.* – Текст: непосредственный // *Почвоведение.* – 2012. – № 1. – С. 106-114.

112. Мелиорация легких почв в контексте современных вызовов / *А.И. Куликов, А.Ц. Мангатаев, М.Н. Сордонова* [и др.]. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2014. – 488 с. – Текст: непосредственный.

113. *Мелова, А.В.* Влияние удобрений и способов обработки почвы на водно-физические свойства черноземов / *А.В. Мелова, С.И. Тютюнов, Л.Г. Смирнова, А.Н. Воронин.* – Текст: непосредственный // *Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской школы молодых ученых.* – 2019. – С. 665-661.

114. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – Москва: Росинформагротех, 2003. – 240 с. – Текст: непосредственный.

115. Методическое руководство по проектированию внутрихозяйственного землеустройства и систем земледелия для лесостепи Красноярского края на ландшафтно-экологической основе / под редакцией *Н.А. Сурина.* – Красноярск, 1999. – 346 с. – Текст: непосредственный.

116. *Морковкин, Г.Г.* Оценка интенсивности изменения состояния почвенного покрова по природно-почвенным зонам Алтайского края /

Г.Г. Морковкин, Е.А. Литвиненко. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского ГАУ. – 2011. – № 8 (82). – С. 32-37.

117. *Морозова, Т.С.* Оценка агроэкологического состояния чернозема типичного в условиях юго-западной части ЦЧР / *Т.С. Морозова, С.А. Линков, С.Д. Лицуков, Е.Ю. Колесниченко.* – Текст: непосредственный // Вестник аграрной науки. – 2019. – С. 23-28.

118. *Мухина, Н.В.* Мониторинг агрогенных почв в системе рационального землепользования / *Н.В. Мухина.* – Текст: непосредственный // Современные проблемы землеустройства, земельного кадастра, охраны природных ресурсов: материалы Международной научно-практической конференции. – Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2013 – С. 200-203.

119. *Яковлев, А.С.* Научно-правовые аспекты экологической оценки и контроля деградации почв и земель России на основе характеристики их экологических функций / *А.С. Яковлев [и др.].* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2015. – № 9. – С. 1124-1130.

120. *Невольнонева, Е.В.* Зависимость агрофизических свойств чернозема типичного от агротехнических приемов / *Е.В. Невольнонева, К.В. Дорохин.* – Текст: непосредственный // Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской школы молодых ученых. – 2019. – С. 671-677.

121. *Недикова, Е.В.* Метод конструирования агроландшафтов посредством формирования рационального природопользования / *Е.В. Недикова, С.Д. Чечин, И.А. Некрасова.* – Текст: непосредственный // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – Москва, 2014. – № 3. – С. 39-47.

122. *Недикова, Е.В.* Совершенствование методики формирования рационального сельскохозяйственного природопользования на ландшафтно-экологической основе (на материалах Центрально-Черноземного региона) /

Е.В. Недикова, С.Д. Чечин; Воронеж. гос. аграр. ун-т. – Воронеж, 2011. – 319 с. – Текст: непосредственный.

123. *Нетесонова, И.А.* Гумусовое и структурное состояние эродированных почв зонального ряда: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / *Нетесонова Ирина Анатольевна* – Москва, 2010. – 19 с. – Текст: непосредственный.

124. *Новикова, А.Ф.* Мелиоративное состояние и деградационные процессы на орошаемых землях России / *А.Ф. Новикова.* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 1999. – № 5. – С. 614-625.

125. Нормативы основных показателей плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения Ростовской области. – Ростов на Дону, 2012. – 63 с. – Текст: непосредственный.

126. *Носко, Б.С.* Регулирование фосфатного режима основных типов почв УССР / *Б.С. Носко.* – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 1983. – № 10. – С. 32-40.

127. *Нусс, В.И.* Особенности структурного состояния черноземов выщелоченных разной степени смывости / *Я.Е. Андрусевич, А.И. Громовик.* – Текст: непосредственный // Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской школы молодых ученых. – 2019. – С. 681-685.

128. *Ольгаренко, В.И.* Экологически устойчивые мелиоративные системы / *В.И. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко* – Текст: непосредственный // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 6. – С. 205-209.

129. *Ольгаренко, И.В.* Экологический мониторинг мелиоративных систем / *И.В. Ольгаренко.* – Текст: непосредственный // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 4. – С. 45-47.

130. *Орлов, Д.С.* Особенности органического вещества орошаемых почв / *Д.С. Орлов, В.А. Аниканова, В.А. Маркин.* – Текст: непосредственный //

Проблемы ирригации почв юга Черноземной зоны. – Москва: Наука, 1980. – С. 35-61.

131. *Орловский, Н.В.* Исследование почв Сибири и Казахстана / *Н.В. Орловский.* – Новосибирск: Наука, 1979. – 326 с. – Текст: непосредственный.

132. *Орловский, Н.В.* Сезонная мерзлота и ее влияние на генезис и плодородие почв Сибири / *Н.В. Орловский.* – Текст: непосредственный // Почвенный криогенез. – Москва: Наука, 1974. – С. 24-33.

133. *Молчанов, Э.Н.* Отечественные подходы к оценке степени деградации почв и земель / *Э.Н. Молчанов [и др.].* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2015. – № 11. – С. 1394-1406.

134. *Трофимова, Т.А.* Оценка степени физической деградации и пригодности черноземов к минимизации основной обработки почвы / *Т.А. Трофимова, С.И. Коржов, В.А. Гулевский [и др.].* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2018. – № 9. – С. 1125-1131.

135. *Панфилов, В.П.* Теплофизические свойства и режимы орошения черноземов Приобья / *В.П. Панфилов.* – Новосибирск: Наука, 1981. – 117 с. – Текст: непосредственный.

136. *Панфилов, В.П.* Физические свойства почв и водный режим почв Кулундинской степи / *В.П. Панфилов.* – Новосибирск: Наука, 1973. – 257 с. – Текст: непосредственный.

137. *Парфенова, Н.И.* Роль экологического обоснования в мелиорации / *Н.И. Парфенова.* – Текст: непосредственный // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 4. – С. 23-26.

138. *Подволоцкая, Г.Б.* Оценка состава почвенных растворов и водных вытяжек из почв в полевых и модельных опытах / *Г.Б. Подволоцкая.* – Текст: непосредственный // Агрехимический вестник. – 2019. – № 3. – С. 68-71.

139. *Приходько, В.Е.* Изменение форм органического вещества черноземов Каменной степи при разном использовании, местоположении и увеличении степени гидроморфизма / *В.Е. Приходько, Ю.И. Чевердин,*

Т.В. Титова. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2013. – № 12. – С. 1494-1504.

140. *Приходько, В.Е.* Изменение форм органического вещества черноземов Каменной Степи при разном использовании, местоположении и увеличении степени гидроморфизма / *В.Е. Приходько, Ю.И. Чевердин, Т.В. Титова.* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2013. – № 12. – С. 1494-1504.

141. *Приходько, В.Е.* Микроморфологическая диагностика изменения свойств степных и полупустынных почв при орошении (Нижнее Поволжье) / *В.Е. Приходько.* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2002. – № 6. – С. 663-674.

142. *Приходько, В.Е.* Орошаемые степные почвы: функционирование, экология, продуктивность / *В.Е. Приходько.* – Москва: Интеллект, 1996. – 180 с. – Текст: непосредственный.

143. *Приходько, В.Е.* Трансформация степных и полупустынных почв при орошении / *В.Е. Приходько.* – Текст: непосредственный // Современные естественные и антропогенные процессы в почвах и геосистемах / Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. – Москва, 2006. – С. 134-155.

144. *Пягай, Э.Т.* Мониторинг и прогноз изменения экологического состояния орошаемых черноземов / *Э.Т. Пягай.* – Текст: непосредственный // Современное состояние черноземов: материалы Международной научной конференции. – Ростов на Дону, 2013. – С. 243-245.

145. *Романова, Л.Г.* Основные показатели оперативной диагностики изменения орошаемых почв Поволжья / *Л.Г. Романова.* – Текст: непосредственный // Актуальные вопросы образования и науки: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – Тамбов, 2014. – С. 120-122.

146. *Рудой, Н.Г.* Агроэкологические особенности лесостепных черноземов в Приенисейской Сибири / *Н.Г. Рудой.* – Текст: непосредственный // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 6. – С. 39-43.

147. *Сагалбеков, У.М.* Агрофизические показатели черноземов обыкновенных под многолетними травами (Северный Казахстан) / *У.М. Сагалбеков, Е.У. Сагалбеков, М.Е. Кусаинов.* – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2013. – № 10. – С. 1234-1238.

148. *Седых, В.А.* Почвенно-экологический мониторинг / *В.А. Седых, В.И. Савич, П.Н. Балабко.* – Москва, 2013. – 584 с. – Текст: непосредственный.

149. *Сиухина, М.С.* Свойства чернозема выщелоченного, подверженного эрозионным процессам / *М.С. Сиухина, С.Л. Быкова, Е.В. Поплавская.* – Текст: непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 7. – С. 15-17.

150. *Сковпень, А.Н.* Изменение свойств чернозема обыкновенного Багаевско-Садковской и Веселовской оросительных систем Ростовской области: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук *Сковпень Андрей Николаевич* – Ростов на Дону, 2007. – 24 с. – Текст: непосредственный.

151. *Смагин, А.В.* Русский чернозем в 21 веке: проблема антропогенной деградации / *А.В. Смагин.* – Текст: непосредственный // Международная научная конференция к 100-летию со дня рождения академика Г.В. Добровольского, к международному году почв. – 2015. – С. 114-115.

152. *Соколов, А.В.* Накопление в почвах остаточных фосфатов удобрений (результаты исследования с применением радиоактивного фосфора) / *А.В. Соколов, К.Ф. Гладкова.* – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 1979. – № 9. – С. 18-24.

153. Сравнительная оценка физико-химических свойств пахотных почв разного гранулометрического состава при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях богары и орошения / *Н.Е. Синицына* [и др.]. – Текст: непосредственный // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 10. – С. 38-42.

154. *Струков, Н.Т.* Сохранение плодородия орошаемых черноземов Красноярского края / *Н.Т. Струков, В.Т. Савченко, С.Э. Бадмаева.* – Текст: непосредственный // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – № 3. – С. 34-35.

155. *Иванова, Е.А.* Структура микробного сообщества агрегатов чернозема типичного в условиях контрастных вариантов сельскохозяйственного использования / *Е.А. Иванова* [и др.]. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2015. – № 11. – С. 1367-1382.

156. *Сулейманов, Р.Р.* Оценка состояния чернозема выщелочного южной лесостепной зоны республики Башкортостан в условиях различных агроэкосистем / *Р.Р. Сулейманов, И.М. Япаров, И.Р. Вильданов* [и др.]. – Текст: непосредственный // Естественные и технические науки. – 2019. – № 10. – С. 132-138.

157. *Сысо, А.И.* Природно-агрохимические ресурсы как фактор сохранения плодородия сибирских почв / *А.И. Сысо.* – Текст: непосредственный // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 5. – С. 24-27.

158. *Танасиенко, А.А.* Экологические аспекты эрозионных процессов / *А.А. Танасиенко, А.Ф. Путилин, В.С. Артамонова.* – Новосибирск, 1999. – 89 с. – Текст: непосредственный.

159. *Татаринцев, В.Л.* Гранулометрический состав и почвообразование / *В.Л. Татаринцев, Л.М. Татаринцев.* – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского ГАУ. – 2013. – № 10 (108). – С. 17-23.

160. *Татаринцев, В.Л.* Экологические аспекты сельскохозяйственного землепользования в Алтайском крае / *Л.М. Татаринцев, Т.В. Власова.* – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского ГАУ. – 2010. – № 6 – С. 49-52.

161. *Татаринцев, Л.М.* Изменение водно-физических свойств каштановых почв Новотроицкого массива под влиянием орошения / *Л.М. Татаринцев, Т.И. Пушкарева.* – Текст: непосредственный // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. – Кн. 1. – С. 239-242.

162. *Татаринцев, Л.М.* Каштановые почвы Кулундинской степи и их изменение при орошении / *Л.М. Татаринцев, В.Л. Татаринцев, Т.И. Пушкарева.* – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2002. – 117 с. – Текст: непосредственный.

163. *Татаринцев, Л.М.* Физическое состояние основных пахотных почв юга Западной Сибири / *Л.М. Татаринцев.* – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 300 с. – Текст: непосредственный.
164. Теории и методы физики почв / под редакцией: *Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского.* – Москва: Гриф и К, 2007. – 616 с. – Текст: непосредственный.
165. Технический проект Новоселовской оросительной системы в Новоселовском районе Красноярского края / Минводхоз РСФСР, Востоксибгипроводхоз. – Абакан, 1982. – 59 с. – Текст: непосредственный.
166. *Титова, З.А.* Метод рам при изучении перемещения рыхлого материала на склонах / *З.А. Титова.* – Текст: непосредственный // Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1974. – Вып. 45. – С. 12-18.
167. *Тищенко, С.А.* Особенности почвообразования в черноземах обыкновенных карбонатных в условиях переувлажнения / *С.А. Тищенко, О.С. Безуглова* // Современное состояние черноземов: материалы Международной научной конференции. – Ростов на Дону, 2013. – С. 310-312.
168. *Топунова, И.В.* Влияние орошения на содержание и минералогический состав илистой фракции черноземов Ростовской области (Багаевско-Садковская оросительная система) / *И.В. Топунова, В.Е. Приходько, Т.А. Соколова.* – Текст: непосредственный // Вестник МГУ. – Сер. 17. Почвоведение. – 2010. – № 1. – С. 3-10.
169. *Трофимова, Т.А.* Оценка степени деградации черноземов ЦЧР / *Т.А. Трофимова, С.И. Коржов.* – Текст: непосредственный // Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования. – Воронеж: Научная книга, 2017. – С. 487-493.
170. *Трушков, А.В.* В Чернозем обыкновенный в первые годы залежного режима / *А.В. Трушков.* – Текст: непосредственный // Ломоносов – 2016: Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2016. – С. 39-40.

171. *Танасиенко, А.А.* Условия и интенсивность эрозионно-аккумулятивных процессов в лесостепи Предсалаирья / *А.А. Танасиенко* [и др.]. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2013. – № 11. – С. 1397-1408.

172. *Русанов, А.М.* Физические свойства черноземов обыкновенных на сопредельных с лесными массивами участках степных ландшафтов / *А.М. Русанов* [и др.]. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2012. – № 7. – С. 763-769.

173. *Фридланд, В.М.* Структура почвенного покрова / *В.М. Фридланд*. – Москва, 1972. – 423 с. – Текст: непосредственный.

174. *Хмелев, В.А.* Кузнецкие черноземы: антропоферное значение, угроза уничтожения / *В.А. Хмелев, А.А. Танасиенко*. – Текст: непосредственный // Сибирский экологический журнал. – 2012. – № 5. – С. 729-742.

175. *Холодов, В.А.* Способность почвенных частиц самопроизвольно образовывать макроагрегаты после цикла увлажнения и высушивания / *В.А. Холодов*. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2013. – № 6. – С. 698-706.

176. *Цховребов, В.С.* Содержание элементов питания и урожайность сельскохозяйственных культур при внесении минеральных отходов промышленности в чернозем выщелочный / *В.С. Цховребов, Д.В. Калугин, В.И. Фаизова*. – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 2016. – С. 23-29.

177. *Чанышев, И.О.* Почвенно-экологические основы оптимизации землепользования в Республике Башкортостан: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / *Чанышев Ильдар Олегович* – Барнаул, 2009. – 37 с. – Текст: непосредственный.

178. *Черепухина, И.В.* Микробное сообщество чернозема выщелоченного в различных гидротермических условиях / *И.В. Черепухина, Н.В. Безлер*. – Текст: непосредственный // Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования. – Воронеж: Научная книга, 2017. – С. 316-324.

179. Черноземы: свойства и особенности орошения / *В.П. Панфилов* [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1988. – 256 с. – Текст: непосредственный.

180. *Чупрова, В.В.* Минерализуемый пул органического вещества в агрочерноземах юга Средней Сибири / *В.В. Чупрова*. – Текст: непосредственный // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 9. – С. 83-89.

181. *Чупрова, В.В.* Оценка плодородия черноземов Красноярского края по гумусному состоянию / *В.В. Чупрова*. – Текст: непосредственный // Современное состояние черноземов: материалы Международной научной конференции. – Ростов на Дону, 2013. – С. 359-362.

182. *Чуян, Н.А.* Сохранение почвенного плодородия чернозема типичного при соблюдении приема биологизации / *Н.А. Чуян, С.И. Тютюнов, Л.Г. Смирнова, А.Н. Воронин*. – Текст: непосредственный // Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской школы молодых ученых. – 2019. – С. 382-388.

183. *Шапорина, Н.А.* К вопросу о стратегии и тактике орошения черноземов в Западной Сибири / *Н.А. Шапорина, А.А. Танасиенко*. – Текст: непосредственный // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 5. – С. 801-807.

184. *Шашко, Ю.И.* Агроклиматическое районирование / *Ю.И. Шашко*. – Москва, 1967. – 334 с. – Текст: непосредственный.

185. *Шеуджен, А.Х.* Современное состояние и продуктивность чернозема выщелоченного западного предкавказья / *А.Х. Шеуджен, О.А. Гуторова, Х.Д. Хурум* [и др.]. – Текст: непосредственный // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета – 2019. – № 153 – С. 52-65. DOI: [10.21515/1990-4665-153-005](https://doi.org/10.21515/1990-4665-153-005)

186. *Шкуропадская, К.В.* Сравнительный анализ методов определения гранулометрического состава почв / *К.В. Шкуропадская, А.А. Пшеничная, В.Э.*

Болдырева, И.В. Морозов. – Текст: непосредственный // Живые и бионные системы – 2019. – № 30 – С. 6.

187. *Шнедт, А.А.* Природно-хозяйственная оценка почвенного покрова сельскохозяйственных земель Приенисейской Сибири: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / *Шнедт Александр Артурович* – Красноярск, 2009. – 32 с. – Текст: непосредственный.

188. *Шнедт, А.А.* Оценка агрочерноземов Сибири на основе современных подходов / *А.А. Шнедт, Ю.В. Аксенова, В.Н. Жуланова, [и др.]*. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2019. – № 4. – С 8-14.

189. *Шнедт, А.А.* Развитие представлений о географии, свойствах и плодородии черноземов Красноярского края / *А.А. Шнедт.* – Текст: электронный // Живые и биокосные системы. – 2016. – № 16. – URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-16/article-3>.

190. *Шнедт, А.А.* Природно-хозяйственная оценка почв под пашней и залежью в условиях Красноярского края / *А.А. Шнедт, С.В. Александрова.* – Текст: непосредственный // Современное состояние черноземов: материалы Международной научной конференции. – Ростов на Дону, 2013. – С. 375-378.

191. *Шнедт, А.А.* Рациональное землепользование (агроэкологический аспект) / *А.А. Шнедт, Л.Р. Мукина.* – Красноярск, 2012. – 245 с. – Текст: непосредственный.

192. *Шумаков, Б.Б.* Гидромелиоративные системы нового поколения / *Б.Б. Шумаков, С.Я. Безднина, Л.В. Кирейчива.* – Москва: Изд-во ВНИИГиМ, 1997. – 109 с. – Текст: непосредственный.

193. *Шустикова, Е.П.* Особенности формирования запасов остаточных фосфатов в черноземе обыкновенном при длительном применении удобрений / *Е.П. Шустикова, Н.Н. Шаповалова.* – Текст: непосредственный // Плодородие. – 2011. – № 1. – С. 21-23.

194. *Шустикова, Е.П.* Фосфатный режим карбонатного чернозема и эффективность применения фосфорных удобрений на озимой пшенице:

автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / *Шустикова Екатерина Павловна* – Москва: Изд-во ТСХА, 1984. – 15 с. – Текст: непосредственный.

195. *Щедрин, В.Н.* Мелиорация в России: проблемы и перспективы / *В.Н. Щедрин*. – Текст: непосредственный // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 6. – С. 30-36.

196. *Щедрин, В.Н.* Теория и практика альтернативных видов орошения черноземов юга Европейской территории России / *В.Н. Щедрин, С.М. Васильев*. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 435 с. – Текст: непосредственный.

197. *Щербаков, А.П.* Антропогенная эволюция черноземов / *А.П. Щербаков, И.И. Васенев*. – Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та. – 2000. – 412 с. – Текст: непосредственный.

198. Digital Soil Mapping Output – Soil Erosivity // *R. Bartley* [et. al.]. – URL: <http://dx.doi.org/10.4225/08/5304274A78A8910.4225/08>.

199. *Frangenberg, A.* Auswirkungen der Grunbrache auf bodenphysikalische Parameter, Inaug: Diss. / *A. Frangenberg*. – Bonn, 1993. – 156 с.

200. *Gratton, M.* La Luzerne: semis d'automne / *M. Gratton* // Producteur agr. – 1998. – V. 1. – № 8. – P. 9.

201. *Gujer, H.* Leguminosen und Graser, bedeutende Glieder der Integrierten Pflanzproduktion / *H. Gujer* // Schwiz. Landw. Forsch. – 2007. – V. 26. – № 1. 2. – S. 203-207.

202. *Jungk, A.* 1990. Interactions between the nitrogen concentration (NH_4 , NH_4NO_3 , and NO_3) and pH of nutrient solution, and their effects on the growth and ion balance of tomato plants / *A. Jungk*. – Gartenbauwissenschaft 35 a: P. 13-28.

203. *Lai, R.* Sustainable development and management of land and water resources / *R. Lai* // FAO Netherlands conference on agriculture and the environment, Hertogenbosch. Background docum. № 1. – Rome, 1991. – 22 p.

204. *Mathan, K.K.* Changes in soil physical properties after as gainst dole cropping / *K.K. Mathan* // J. Agron. Crop Sc. – 1999. – V. 163. – № 4. – P. 248-251.

205. Mulches influence soil properties and plant growth / *O. Adam* [et. al.] // Hort Technology. – 2012. – V. 22. – № 3. – P. 353-361.
206. *Niu, G.-Y.* Effects of frozen soil on snowmelt runoff and soil water storage at a continental scale / *G.-Y. Niu, Z.-L. Yang* // J. of hydrometeorology. – 2006. – № 5. – V. 7. – P. 937-952.
207. *Nuttal, W.E.* Crop residue management practices and N and P fertilizer effects on crop response and on some physical and chemical properties of a black chernozem over 25 years in a continuous wheat rotation / *W.E. Nuttal, K.E. Bowren, C.A. Campbell* // Canad. J. Soil. Sc. – 1986. – V. 66. – №1. – P. 159-171.
208. Organic matter in density fractions of water-stable aggregates in silty soils: Effect of land use / *T. Yamashita, H. Elessa, J. Bettina* [et al.] // Soil Biol. Biochem. – 2006. – V. 38. – P. 3222-3234.
209. Rainfall erosivity in Europe / *Panos Panagos, Cristiano Ballabio, Pasquale Borrelli* [et al.] // Science of the total Environment. – 2015. – V. 511. – P. 801-814.
210. *Sepaskhah, A.R.* Effects of water quality and PAM application rate on the control of soil erosion porosity and runoff for different soil textures measured in a rainfall simulator / *A.R. Sepaskhah, V. Shahabizad* // Biosystem Engineering. – 2010. – V. 106. – № 4. – P. 51-57.
211. *Six, J.* Paustian K. Aggregate-associated soil organic matter as an ecosystem property and a measurement tool / *J. Six* // Soil. Biol. Biochem. – 2014. – V. 68. – P. 4-9.
212. Soil Erosion in Europe / Eds.: *J. Boardman J., Poesen Wiley*, 2006. – 855 p.
213. Soil structure at arable and non arable land in the Western in Siberia in Russia – application of the soil fingerprint code for topsoil characterization / *M. Storre, H.J. Brauckman, G. Broll* [et. al.] // J. Plant nutrition and soil science. – 2016. – V. 179. – № 4. – P. 510-519.

214. *Sun, Z.Q.* Effects of water application intensity, drop size and water application amount in the characteristics of topsoils pores under sprinkler irrigation / *Z.Q. Sun, Y.N. Kang, S.F. Jiang* // *Agr. Water Manage.* – 2008. – V. 95. – P. 869-876.

215. Tisdall J.M., Oades J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils / *J.M. Tisdall, J.M. Oades* // *J. Soil Sci.* – 1982. – V. 33. – P. 141-163.

216. *Yankov, P.* Changes in the Composition and Water Sustainability of Soil Units under the Effect of Some Soil Tillage Systems / *P. Yankov* // *Bulg. J. Agr. Sci.* – 2009. – V. 15. – № 5. – P. 393-399.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица 1 – Изменение плотности сложения черноземов обыкновенных от характера использования (глубина 0-20 см), 1997 г.

Вид землепользования	Плотность сложения, г/см ³ (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
Целина	1,12	1,15	1,13	1,12	1,13	-	-
Пашня	1,06	1,04	1,06	1,08	1,06	-0,07	-6,2
Орошение 300 м ³ /га	1,08	1,09	1,09	1,10	1,09	-0,04	-3,5
Орошение 500 м ³ /га	1,24	1,20	1,19	1,22	1,21	0,08	7,1
Орошение 700 м ³ /га	1,32	1,34	1,29	1,30	1,31	0,18	15,9
HCP_{05}						0,04	3,5

DESCRIPTIVES VARIABLES=плотность
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
плотность	20	1,04	1,34	1,1610	,09508
N валидных (целиком)	20				

ONEWAY плотность BY землепользование
/MISSING ANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Плотность

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	,167	4	,042	137,827	,000
Внутри групп	,005	15	,001		
Итого	,172	19			

$F_{расч} > F_{табл} (F_{табл} = 3,06)$, в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,001}{4}} = 0,016 \text{ г/см}^3$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,001}{4}} = 0,022 \text{ г/см}^3$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,131 \times 0,022 = 0,04 \text{ г/см}^3$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,04}{1,16} \times 100 = 3,5 \%$$

Таблица 2 –Изменение плотности сложения черноземов обыкновенных от характера использования (глубина 0-20 см), 2017 г.

Вид землепользования	Плотность сложения, г/см ³ (x _i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
Целина	1,13	1,15	1,16	1,12	1,14	-	-
Пашня	1,08	1,06	1,09	1,05	1,07	-0,07	-6,1
Орошение 300 м ³ /га	1,09	1,06	1,09	1,08	1,08	-0,06	-5,3
Орошение 500 м ³ /га	1,22	1,24	1,25	1,21	1,23	0,09	7,9
Орошение 700 м ³ /га	1,35	1,33	1,32	1,36	1,34	0,20	17,5
HCP ₀₅						0,04	3,4

DESCRIPTIVES VARIABLES=плотность
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
Плотность	20	1,05	1,36	1,1715	,10550
N валидных (целиком)	20				

ONEWAY плотность BY землепользование
/MISSING ANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Плотность

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	,207	4	,052	158,908	,000
Внутри групп	,005	15	,001		
Итого	,211	19			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,001}{4}} = 0,016 \text{ г/см}^3$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,001}{4}} = 0,022 \text{ г/см}^3$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,131 \times 0,022 = 0,04 \text{ г/см}^3$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,04}{1,17} \times 100 = 3,4 \%$$

Таблица 3 – Изменение плотности сложения черноземов обыкновенных от характера использования (глубина 20-40 см), 1997 г.

Вид землепользования	Плотность сложения, г/см ³ (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
Целина	1,32	1,09	1,21	1,11	1,17	-	-
Пашня	1,21	1,05	1,12	1,06	1,11	-0,06	-5,1
Орошение 300 м ³ /га	1,11	1,22	1,10	1,05	1,12	-0,05	-4,3
Орошение 500 м ³ /га	1,28	1,22	1,32	1,14	1,24	0,07	6,0
Орошение 700 м ³ /га	1,41	1,33	1,25	1,29	1,32	0,15	12,8
HCP_{05}						0,11	9,2

DESCRIPTIVES VARIABLES=плотность
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
плотность	20	1,05	1,41	1,1945	,10763
N валидных (целиком)	20				

ONEWAY плотность BY землепользование
/MISSING ANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Плотность

	Сумма квадратов	ст. св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	,123	4	,031	4,717	,012
Внутри групп	,097	15	,006		
Итого	,220	19			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,006}{4}} = 0,04 \text{ г/см}^3$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,006}{4}} = 0,05 \text{ г/см}^3$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,131 \times 0,05 = 0,11 \text{ г/см}^3$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,11}{1,19} \times 100 = 9,2 \%$$

Таблица 4 – Изменение плотности сложения черноземов обыкновенных от характера использования (глубина 20-40 см), 2017 г.

Вид землепользования	Плотность сложения, г/см ³ (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
Целина	1,28	1,18	1,03	1,19	1,17	-	-
Пашня	1,12	1,15	1,10	1,15	1,13	-0,04	-3,4
Орошение 300 м ³ /га	1,18	1,21	1,02	1,11	1,13	-0,04	-3,4
Орошение 500 м ³ /га	1,35	1,28	1,13	1,24	1,25	0,08	6,8
Орошение 700 м ³ /га	1,33	1,43	1,41	1,28	1,36	0,19	16,2
HCP_{05}						0,11	9,1

DESCRIPTIVES VARIABLES=плотность
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
плотность	20	1,02	1,43	1,2085	,11527
N валидных (целиком)	20				

ONEWAY127 плотностьBYземлепользование
/MISSINGANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Плотность

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	,157	4	,039	6,166	,004
Внутри групп	,095	15	,006		
Итого	,252	19			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,006}{4}} = 0,04 \text{ г/см}^3$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,006}{4}} = 0,05 \text{ г/см}^3$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,131 \times 0,1633 = 0,11 \text{ г/см}^3$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,11}{1,21} \times 100 = 9,1 \%$$

Таблица 5 – Изменение общей порозности черноземов обыкновенных от характера использования (глубина 0-20 см), 1997 г.

Вид землепользования	Общая порозность, % (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
Целина	54,9	56,1	55,9	56,3	55,8	-	-
Пашня	56,4	57,9	58,1	58,0	57,6	1,8	3,2
Орошение 300 м ³ /га	56,1	58,2	57,4	57,1	57,2	1,4	2,5
Орошение 500 м ³ /га	52,0	52,3	51,4	51,5	51,8	-4,0	-7,2
Орошение 700 м ³ /га	46,9	47,8	47,5	47,0	47,3	-8,5	-15,2
HCP_{05}						1,0	1,9

DESCRIPTIVES VARIABLES=порозность
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
порозность	20	46,90	58,20	53,9400	4,04610
N валидных (целиком)	20				

ONEWAY порозность BY землепользование
/MISSINGANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Порозность

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	304,608	4	76,152	177,373	,000
Внутри групп	6,440	15	,429		
Итого	311,048	19			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,429}{4}} = 0,33 \%$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,429}{4}} = 0,46 \%$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,131 \times 0,46 = 1,0 \%$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{1,0}{53,94} \times 100 = 1,9 \%$$

Таблица 6 – Изменение общей порозности черноземов обыкновенных от характера использования (глубина 0-20 см), 2017 г.

Вид землепользования	Общая порозность (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем		
						d	%	
Целина	55,1	55,9	56,3	53,5	55,2	-	-	
Пашня	56,2	57,4	57,1	56,9	56,9	1,7	3,1	
Орошение 300 м ³ /га	57,9	58,1	58,0	57,2	57,8	2,6	4,7	
Орошение 500 м ³ /га	49,3	51,4	50,5	49,6	50,2	-5,0	-9,1	
Орошение 700 м ³ /га	44,8	46,3	46,8	44,5	45,6	-9,6	-17,4	
HCP_{05}							1,4	2,6

DESCRIPTIVES VARIABLES=порозность
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
порозность	20	44,50	58,10	53,1400	4,78335
N валидных (целиком)	20				

ONEWAY порозность BY землепользование
/MISSINGANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Порозность

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	422,368	4	105,592	128,146	,000
Внутри групп	12,360	15	,824		
Итого	434,728	19			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,824}{4}} = 0,45 \%$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,824}{4}} = 0,64 \%$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,131 \times 0,64 = 1,4 \%$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{1,4}{53,14} \times 100 = 2,6 \%$$

Таблица 7 – Изменение общей порозности черноземов обыкновенных от характера использования (глубина 20-40 см), 1997 г.

Вид землепользования	Общая порозность (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
Целина	52,3	51,1	51,5	50,3	51,3	-	-
Пашня	56,1	54,9	55,3	54,5	55,2	3,9	7,6
Орошение 300 м ³ /га	54,7	54,9	56,1	53,9	54,9	3,6	7,0
Орошение 500 м ³ /га	50,6	49,3	51,2	50,5	50,4	0,1	0,2
Орошение 700 м ³ /га	44,8	46,3	46,8	46,5	46,1	-5,2	-10,1
HCP_{05}						1,2	2,3

DESCRIPTIVES VARIABLES=порозность
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
порозность	20	44,80	56,10	51,5800	3,50002
N валидных (целиком)	20				

ONEWAY порозность BY землепользование
/MISSINGANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Порозность

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	222,512	4	55,628	81,486	,000
Внутри групп	10,240	15	,683		
Итого	232,752	19			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,683}{4}} = 0,41 \%$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,683}{4}} = 0,58 \%$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,131 \times 0,58 = 1,2 \%$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{1,2}{51,58} \times 100 = 2,3 \%$$

Таблица 8 – Изменение общей порозности черноземов обыкновенных от характера использования (глубина 20-40 см), 2017 г.

Вид землепользования	Общая порозность (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем		
						d	%	
Целина	51,9	52,0	52,3	51,4	51,9	-	-	
Пашня	54,0	52,3	51,8	55,1	53,3	1,4	2,7	
Орошение 300 м ³ /га	52,9	53,7	54,9	54,1	53,9	2,0	3,9	
Орошение 500 м ³ /га	49,8	48,5	48,0	51,7	49,5	-2,4	-4,6	
Орошение 700 м ³ /га	44,3	44,2	44,5	43,4	44,1	-7,8	-15,0	
HCP_{05}							1,7	3,4

DESCRIPTIVES VARIABLES=порозность
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
порозность	20	43,40	55,10	50,5400	3,78089
N валидных (целиком)	20				

ONEWAY порозность BY землепользование
/MISSINGANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Порозность

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	253,248	4	63,312	51,725	,000
Внутри групп	18,360	15	1,224		
Итого	271,608	19			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{1,224}{4}} = 0,55 \%$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 1,224}{4}} = 0,78 \%$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,131 \times 0,78 = 1,7 \%$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{1,7}{50,54} \times 100 = 3,4 \%$$

Таблица 9 – Содержание гумуса в черноземах обыкновенных целинных (глубина 0-10 см)

Год исследований	Содержание гумуса, % (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
1997	7,21	7,29	6,92	7,26	7,17	-	-
2017	8,08	8,35	8,34	8,19	8,24	1,07	14,9
HCP_{05}						0,27	3,3

DESCRIPTIVES VARIABLES=гумус
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
Гумус	8	7,43	9,06	8,2050	,73936
N валидных (целиком)	8				

ONEWAY гумус BY год
/MISSING ANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Гумус

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	2,290	1	2,290	100,430	,000
Внутри групп	,137	6	,023		
Итого	2,427	7			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,023}{4}} = 0,08 \%$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,023}{4}} = 0,11 \%$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 0,11 = 0,27 \%$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,27}{8,21} \times 100 = 3,3 \%$$

Таблица 10 – Содержание гумуса в черноземах обыкновенных целинных (глубина 10-20 см)

Год исследований	Содержание гумуса, % (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
1997	7,48	7,63	7,54	7,43	7,52	-	-
2017	8,81	8,77	8,92	9,07	8,89	1,37	18,2
HCP_{05}						0,20	2,4

DESCRIPTIVES VARIABLES=гумус
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
Гумус	8	7,43	9,07	8,2100	,73936
N валидных (целиком)	8				

ONEWAY гумус BY год
/MISSING ANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Гумус

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	3,754	1	3,754	309,379	,000
Внутри групп	,073	6	,012		
Итого	3,827	7			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,012}{4}} = 0,05 \%$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,012}{4}} = 0,08 \%$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 0,08 = 0,20 \%$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,20}{8,21} \times 100 = 2,4 \%$$

Таблица 11 – Содержание гумуса в черноземах обыкновенных пахотных (глубина 0-10 см)

Год исследований	Содержание гумуса, % (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
1997	5,51	5,45	5,39	5,29	5,41	-	-
2017	3,13	3,23	3,42	3,22	3,25	-2,16	-39,9
HCP_{05}						0,20	4,6

DESCRIPTIVES VARIABLES=гумус
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
Гумус	8	3,13	5,51	4,3425	1,14573
N валидных (целиком)	8				

ONEWAY гумус BY год
/MISSING ANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Гумус

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	9,116	1	9,116	754,465	,000
Внутри групп	,073	6	,012		
Итого	9,189	7			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,012}{4}} = 0,05 \%$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,012}{4}} = 0,08 \%$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 0,08 = 0,20 \%$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,20}{4,34} \times 100 = 4,6 \%$$

Таблица 12 – Содержание гумуса в черноземах обыкновенных пахотных (глубина 10-20 см)

Год исследований	Содержание гумуса, % (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
1997	5,69	5,58	5,63	5,66	5,64	-	-
2017	3,58	3,32	3,47	3,31	3,42	-2,22	-39,4
HCP_{05}						0,17	3,8

DESCRIPTIVES VARIABLES=гумус
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
Гумус	8	3,31	5,69	4,5300	1,19005
N валидных (целиком)	8				

ONEWAY гумус BY год
/MISSINGANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Гумус

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	9,857	1	9,857	1041,211	,000
Внутри групп	,057	6	,009		
Итого	9,914	7			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,009}{4}} = 0,05 \%$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,009}{4}} = 0,07 \%$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 0,07 = 0,17 \%$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,17}{4,53} \times 100 = 3,8 \%$$

Таблица 13 – Структурный состав черноземов обыкновенных целинных (глубина 0-20 см)

Год исследований	Коэффициент структурности (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
1997	2,3	2,2	2,1	2,2	2,2	-	-
2017	2,8	2,5	2,8	2,7	2,7	0,5	22,7
HCP_{05}						0,2	8,2

DESCRIPTIVES VARIABLES=Кструктурности
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
Кструктурности	8	2,10	2,80	2,4500	,28785
N валидных (целиком)	8				

ONEWAYКструктурностиBYгод
/MISSINGANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Кструктурности

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	,500	1	,500	37,500	,001
Внутри групп	,080	6	,013		
Итого	,580	7			

Фактическое значение F -критерия (37,50) превышает табличное значение (5,99), это означает, что в опытах есть существенные различия по вариантам на 5%-ном уровне значимости. Для оценки существенности частных различий определим:

$$1. \text{ Ошибку опыта: } S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,013}{4}} = 0,06$$

$$2. \text{ Ошибку разности средних: } S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,013}{4}} = 0,08$$

3. Наименьшую существенную разность для 5 %-ного уровня значимости и 6-ти степеней свободы в абсолютных и относительных показателях:

$$HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 0,08 = 0,20$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,20}{2,45} \times 100 = 8,2 \%$$

Таблица 14 – Структурный состав черноземов обыкновенных пахотных (глубина 0-20 см)

Год исследований	Коэффициент структурности (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
1997	1,9	1,7	1,6	2,0	1,8	-	-
2017	1,6	1,5	1,3	1,6	1,5	-0,30	16,7
HCP_{05}						0,25	15,2

DESCRIPTIVES VARIABLES=Кструктурности
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
Кструктурности	8	1,30	2,00	1,6500	,22039
N валидных (целиком)	8				

ONEWAY Кструктурности BY год
/MISSINGANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Кструктурности

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	,180	1	,180	6,750	,041
Внутри групп	,160	6	,027		
Итого	,340	7			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,027}{4}} = 0,08$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,027}{4}} = 0,11$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 0,11 = 0,25$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,25}{1,65} \times 100 = 15,2 \%$$

Таблица 15 – Структурный состав черноземов обыкновенных пахотных (глубина 20-40 см)

Год исследований	Коэффициент структурности (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
1997	3,4	3,6	3,7	3,3	3,5	-	-
2017	2,2	2,5	2,6	2,3	2,4	-1,1	-31,4
НСР ₀₅						0,3	10,2

DESCRIPTIVES VARIABLES=Кструктурности
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. Отклонение
Кструктурности	8	2,20	3,70	2,9500	,61179
N валидных (целиком)	8				

ONEWAYK структурностиBYгод
/MISSINGANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Кструктурности

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	2,420	1	2,420	72,600	,000
Внутри групп	,200	6	,033		
Итого	2,620	7			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,033}{4}} = 0,09$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,033}{34}} = 0,13$$

$$3. НСР_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 0,13 = 0,3$$

$$НСР_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,3}{2,95} \times 100 = 10,2 \%$$

Таблица 16 – Водопрочность агрегатов черноземов обыкновенных пахотных (глубина 0-20 см)

Год исследований	Критерий водопрочности агрегатов, % (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
1997	73	75	74	74	74	-	-
2017	66	68	69	65	67	-7,0	-9,5
HCP_{05}						2,5	3,5

DESCRIPTIVES VARIABLES=водопрочность
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
водопрочность	8	65,00	75,00	70,5000	3,96412
N валидных (целиком)	8				

ONEWAY водопрочность BY год
/MISSING ANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

Водопрочность

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	98,000	1	98,000	49,000	,000
Внутри групп	12,000	6	2,000		
Итого	110,000	7			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2}{4}} = 0,7 \%$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 2}{4}} = 1 \%$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 1 \approx 2,5 \%$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{2,5}{70,5} \times 100 = 3,5 \%$$

Таблица 17 – Водопрочность агрегатов черноземов обыкновенных пахотных (глубина 20-40 см)

Год исследований	Критерий водопрочности агрегатов, % (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
1997	76	79	78	75	77	-	-
2017	68	70	71	67	69	-8,0	-10,4
НСР ₀₅						3,2	4,4

DESCRIPTIVES VARIABLES=водопрочность
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
водопрочность	8	67,00	79,00	73,0000	4,59814
N валидных (целиком)	8				

ONEWAY водопрочность BY год
/MISSING ANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

водопрочность

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	128,000	1	128,000	38,400	,001
Внутри групп	20,000	6	3,333		
Итого	148,000	7			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{3,333}{4}} = 0,9$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 3,333}{4}} = 1,3$$

$$3. НСР_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 1,3 = 3,2 \%$$

$$НСР_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{3,2}{73} \times 100 = 4,4 \%$$

Таблица 18 – Структурный состав черноземов обыкновенных орошаемых (глубина 20-40 см, норма полива 500 м³/га)

Год исследований	Коэффициент структурности (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
1997	1,1	1,3	1,4	1,0	1,2	-	-
2017	0,8	0,9	0,7	0,8	0,8	-0,4	-33,3
НСР ₀₅						0,25	25,0

DESCRIPTIVES VARIABLES=K структурности
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. Отклонение
K структурности	8	,70	1,40	1,0000	,25071
N валидных (целиком)	8				

ONEWAYK структурностиBYгод
/MISSINGANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

K структурности

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	,320	1	,320	16,000	,007
Внутри групп	,120	6	,020		
Итого	,440	7			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,02}{4}} = 0,07$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,02}{4}} = 0,1$$

$$3. НСР_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 0,1 = 0,25$$

$$НСР_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,25}{1,0} \times 100 = 25 \%$$

Таблица 19 – Структурный состав черноземов обыкновенных орошаемых (глубина 0-20 см, норма полива 700 м³/га)

Год исследований	Коэффициент структурности (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
1997	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	-	-
2017	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	-0,2	-33,3
НСР ₀₅						0,15	30,0

DESCRIPTIVES VARIABLES=K структурности
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. Отклонение
K структурности	8	,30	,70	,5000	,13093
N валидных (целиком)	8				

ONEWAYK структурностиBYгод
/MISSINGANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

K структурности

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	,080	1	,080	12,000	,013
Внутри групп	,040	6	,007		
Итого	,120	7			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,007}{4}} = 0,04$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,007}{4}} = 0,06$$

$$3. НСР_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 0,06 = 0,15$$

$$НСР_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,15}{0,5} \times 100 = 30 \%$$

Таблица 20 – Структурный состав черноземов обыкновенных орошаемых (глубина 20-40 см, норма полива 700 м³/га)

Год исследований	Коэффициент структурности (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						D	%
1997	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	-	-
2017	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	-0,2	-40,0
НСР ₀₅						0,15	37,5

DESCRIPTIVES VARIABLES=K структурности
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. Отклонение
K структурности	8	,20	,60	,4000	,13093
N валидных (целиком)	8				

ONEWAY K структурности BY год
/MISSINGANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

K структурности

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	,080	1	,080	12,000	,013
Внутри групп	,040	6	,007		
Итого	,120	7			

$F_{расч} > F_{табл}$ т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,007}{4}} = 0,04$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,007}{4}} = 0,06$$

$$3. НСР_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 0,06 = 0,15$$

$$НСР_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,15}{0,4} \times 100 = 37,5 \%$$

Таблица 21 – Водопрочность агрегатов черноземов обыкновенных орошаемых (глубина 20-40 см, норма полива 500 м³/га)

Год исследований	Критерий водопрочности агрегатов, % (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
1997	56	54	57	53	55	-	-
2017	49	50	52	49	50	-5,0	-9,1
HCP ₀₅						2,9	5,5

DESCRIPTIVES VARIABLES=водопрочность
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. Отклонение
водопрочность	8	49,00	57,00	52,5000	3,07060
N валидных (целиком)	8				

ONEWAY водопрочность BY год
/MISSING ANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

водопрочность

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	50,000	1	50,000	18,750	,005
Внутри групп	16,000	6	2,667		
Итого	66,000	7			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2,667}{4}} = 0,8 \%$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 2,667}{4}} = 1,2 \%$$

$$3. HCP_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 1,2 = 2,9 \%$$

$$HCP_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0,453}{52,5} \times 100 = 5,5 \%$$

Таблица 22 – Водопрочность агрегатов черноземов обыкновенных орошаемых (глубина 0-20 см, норма полива 700 м³/га)

Год исследований	Критерий водопрочности агрегатов, % (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
1997	42	43	40	39	41	-	-
2017	32	32	33	31	32	-9,0	-21,9
НСР ₀₅						2,5	6,8

DESCRIPTIVES VARIABLES=водопрочность
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
водопрочность	8	31,00	43,00	36,5000	4,98569
N валидных (целиком)	8				

ONEWAY водопрочность BY год
/MISSING ANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

водопрочность

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	162,000	1	162,000	81,000	,000
Внутри групп	12,000	6	2,000		
Итого	174,000	7			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2}{34}} = 0,7 \%$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 2}{4}} = 1 \%$$

$$3. НСР_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 1 \approx 2,5 \%$$

$$НСР_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{2,5}{36,5} \times 100 = 6,8 \%$$

Таблица 23 – Водопрочность агрегатов черноземов обыкновенных орошаемых (глубина 20-40 см, норма полива 700 м³/га)

Год исследований	Критерий водопрочности агрегатов, % (x_i)				Среднее значение \bar{x}_i	Разность с контролем	
						d	%
1997	38	39	40	39	39	-	-
2017	31	33	29	31	31	-8,0	20,5
НСР ₀₅						2,2	6,1

DESCRIPTIVES VARIABLES=водопрочность
/STATISTICS=MEAN STDDEV MIN MAX.

Описательные

[Наборданных0]

Описательные статистики

	N	Минимум	Максимум	Среднее	Стд. отклонение
водопрочность	8	29,00	40,00	35,0000	4,44008
N валидных (целиком)	8				

ONEWAY водопрочность BY год
/MISSING ANALYSIS.

Однофакторный дисперсионный анализ

[Наборданных0]

Дисперсионный анализ

водопрочность

	Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
Между группами	128,000	1	128,000	76,800	,000
Внутри групп	10,000	6	1,667		
Итого	138,000	7			

$F_{расч} > F_{табл}$, т.е. в опытах есть существенные различия по вариантам.

$$1. S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{1,667}{4}} = 0,6 \%$$

$$2. S_d = \sqrt{\frac{2S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \times 1,667}{4}} = 0,9 \%$$

$$3. НСР_{05} = t_{05} \times S_d = 2,447 \times 0,9 = 2,2 \%$$

$$НСР_{05} = \frac{t_{05} \times S_d}{\bar{x}} \times 100 = \frac{2,2}{36,0} \times 100 = 6,1 \%$$