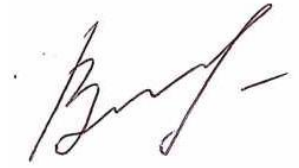


На правах рукописи



СЕМЕНОВА ВИКТОРИЯ ВИКТОРОВНА

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

Специальность 06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Барнаул 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет».

**Научный руководитель** **Бадмаева Софья Эрдыниевна,**  
доктор биологических наук, заведующая кафедрой  
кадастра застроенных территорий и ПНМ ФГБОУ ВО  
«Красноярский государственный аграрный  
университет», доцент

**Официальные оппоненты** **Андроханов Владимир Алексеевич,**  
доктор биологических наук, Врио директора  
Института почвоведения и агрохимии Сибирского  
отделения Российской академии наук

**Иванова Татьяна Екимовна,**  
кандидат сельскохозяйственных наук, старший  
научный сотрудник – руководитель группы  
мелиорации земель и борьбы с опустыниванием  
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт  
аграрных проблем Хакасии»

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской  
академии наук (ФГБУН ИВЭП СО РАН)

Защита диссертации состоится 24 сентября 2020 года в 9:00 часов на заседании  
диссертационного совета Д 999.176.03, созданного на базе ФГБОУ ВО «Алтайский  
государственный аграрный университет», ФГБНУ «Научно-исследовательский  
институт садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко», ФГБНУ «Алтайский научно-  
исследовательский институт сельского хозяйства» по адресу 656049 г. Барнаул,  
пр. Красноармейский, 98, тел./факс 8(3852) 62-83-96. E-mail: [ivgefke@mail.ru](mailto:ivgefke@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Алтайский  
государственный аграрный университет» и на сайте <http://www.asau.ru/ru/podgotovka-kadrov-vysshej-kvalifikatsii/ob-yavleniya-o-zashchite-dissertatsij/4953-semenova-viktoriya-viktorovna>.

Автореферат разослан «\_\_\_» августа 2020 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета



И.В. Гефке

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность исследования.**

При создавшихся социально-экономических условиях в стране в конце 90-х годов прошлого столетия, 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 почв, 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.

Отдельные разделы диссертационной работы используются в учебном процессе при проведении лекционных и практических занятий по 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.**

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

#### **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. Написание работы выполнено лично автором настоящего исследования.

#### **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, 6 приложений.

#### **Благодарности.**

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

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** отмечается актуальность темы исследований, степень её разработанности, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, сформулированы цели и задачи исследований, положения, выносимые на защиту, приводится методология и методы исследования и апробация результатов.

## **Глава 1. Современное состояние черноземных почв (обзор литературы)**

В главе представлены результаты исследований влияния длительной хозяйственной деятельности на свойства и режимы черноземных почв. Исследованиями (Морковкин, 2011; Ахтырцев, 2012; Галеева, 2012; Белюченко, 2013; Кузнецова, 2013; Давыдов, 2013; Каллас, 2015; Дедов, 2016; Сысо, 2016) установлено высокая подверженность черноземов антропогенной нагрузке, прежде всего, сельскохозяйственному воздействию, деградации пахотных черноземов с потерей органического вещества и ухудшением структурного состояния. Изучению характера почвообразования в черноземных почвах Красноярского края, их свойств и режимов проведены исследования авторами (Градобоев, 1954; Горшенин, 1955; Орловский, 1979; Бугаков, 1981; Крупкин, 2002; Кураченко, 2013; Тиньгаев, 2018). Вовлечение черноземных почв в орошаемое земледелие влияет на свойства и режимы, и степень изменения зависит от многих факторов (Орлов, 1980; Панфилов, 1981; Приходько, 1996; Королев, 2008; Лозовицкий, 2012; Макарычев, 2012, Бадмаева, 2014; Воеводина, 2016; Кирейчива 2017; Докучаева, 2017; Йонко, 2017).

## **Глава 2. Условия, объекты и методы исследований**

Дана характеристика почвообразовательному процессу в лесостепной зоне Красноярского края (Бугаков, 1981; Крупкин, 2002).

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.

Для изучения водного режима черноземов в годы расчетной обеспеченности осадками были заложены вегетационно-полевые опыты. Исследования проводились в период 2013-2017 гг. в землепользовании АО «Новоселовский». По показателю увлажнения [Шашко, 1967] влагообеспеченность в периоды роста и развития сельскохозяйственных культур, в годы исследований характеризовались как недостаточно увлажненные.

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.

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 [ГОСТ 26213-91]. Общий азот определялся фотометрическим методом «индофеноловой зелени» по ЦИНАО [ГОСТ 26107-84]. Валовой фосфор – обработкой кислотами по методу Гинзбург. Содержание калия на пламенном

фотометре [ГОСТ 26261-84]. Реакцию почвенного раствора рН определяли иономером с погрешностью измерений не более 0,05 рН [ГОСТ 26423-85]. Водная вытяжка проведена по Б.В. Аринушкиной (1970).

В водных вытяжках почв, грунтов, природных водах определяли рН, электропроводность, ионы  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ .

Обменный кальций и обменный (подвижный) магний ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ), определены на атомно-абсорбционных спектрофотометрах [ГОСТ 26487-85] пламенном фотометре ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ),  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  – для контроля – трилонометрически.

Образцы наводно-физические свойства отбирались буром Н.А. Качинского [1970] 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 [Агрофизические методы [1965]. Агрохимические свойства почвы изучались согласно методическим указаниям [1975]. Статистическая обработка однофакторных и двухфакторных опытов проводилась с использованием программного комплекса SPSS.

### Глава 3. Изменение свойств чернозема обыкновенного от видов землепользования

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 1).

Таблица 1 – 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 <sub>к</sub>	26-32	14,5	14,7	18,4	14,2	15,6	22,6
В <sub>к</sub>	34-45	12,4	14,5	15,6	17,1	18,4	22,0
ВС <sub>к</sub>	46-52	12,3	14,9	15,2	17,0	18,8	21,8
С <sub>к</sub>	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.

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 %.

В таблице 2 представлены результаты анализа гранулометрического состава почв постирригационного участка.

Таблица 2 – Гранулометрический состав чернозема обыкновенного (постирригационный )

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	17,2	19,1	21,4	14,8	12,3	15,2
АВ <sub>к</sub>	26-32	16,6	18,6	20,6	15,8	12,3	16,1
В <sub>к</sub>	34-45	14,4	19,0	20,9	15,4	13,4	16,9
ВС <sub>к</sub>	46-52	16,2	16,3	19,3	11,9	10,1	26,2
С <sub>к</sub>	62-89	20,2	22,5	25,3	12,4	10,2	9,4
С	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%. 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, илистая фракция, как наиболее динамичная, мигрирует вниз по профилю с инфильтрующей водой.

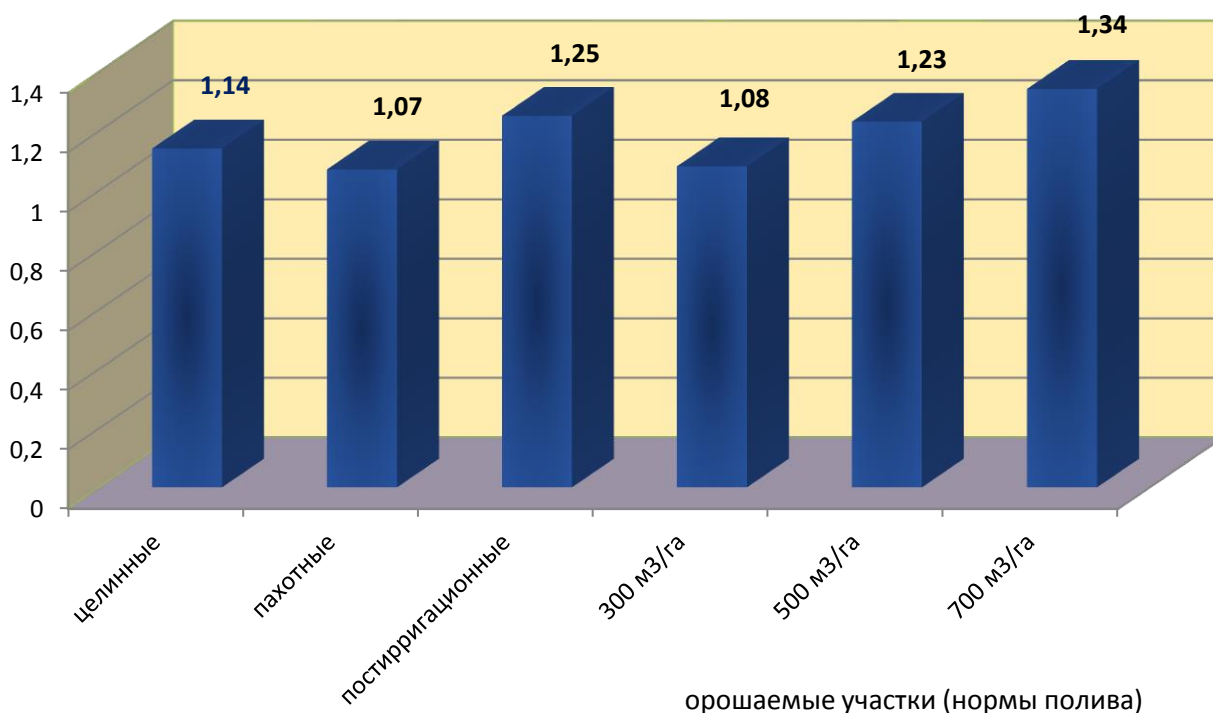
Черноземы обыкновенные в процессе сельскохозяйственного использования способны к переуплотнению, образованию плужной подошвы на глубине 18-22 см. В свою очередь плужная подошва препятствует проникновению осадков и поливной воды на глубину корнеобитаемого слоя почвы, что ведет к эрозии и потере плодородия.

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 старопашотных 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.

Полив нормой  $300 \text{ м}^3/\text{га}$  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  $500 \text{ м}^3/\text{га}$  и  $700 \text{ м}^3/\text{га}$  обуславливают неблагоприятные физические свойства почвы, что приводит к более заметному уплотнению почвы (рисунок 1).

**плотность  
сложения, г/см<sup>3</sup>**



орошаемые участки (нормы полива)

Рисунок 1 – Изменения плотности сложения почв разного хозяйственного использования

Общая порозность имеет наилучшие показатели в верхних горизонтах почвы в целинных, пахотных и орошаемых почвах при норме полива  $300 \text{ м}^3/\text{га}$  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). 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 2).

Целинные черноземы, обладая прекрасным структурно-агрегатным составом и благоприятными физическими свойствами, характеризуются оптимальными показателями водопроницаемости. В наших опытах, как отражение физических параметров 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. 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.

общая  
порозность, %

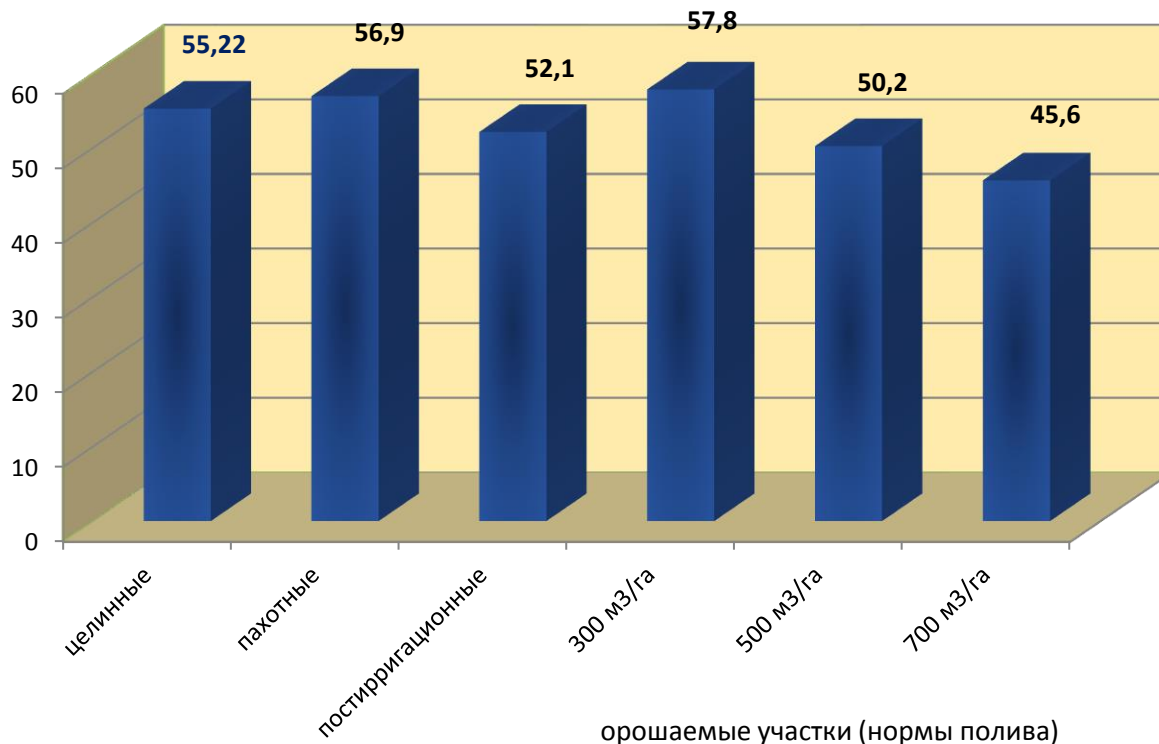


Рисунок 2 – Изменение общей порозности почв разного хозяйственного использования

водопроницаемость  
мм/мин

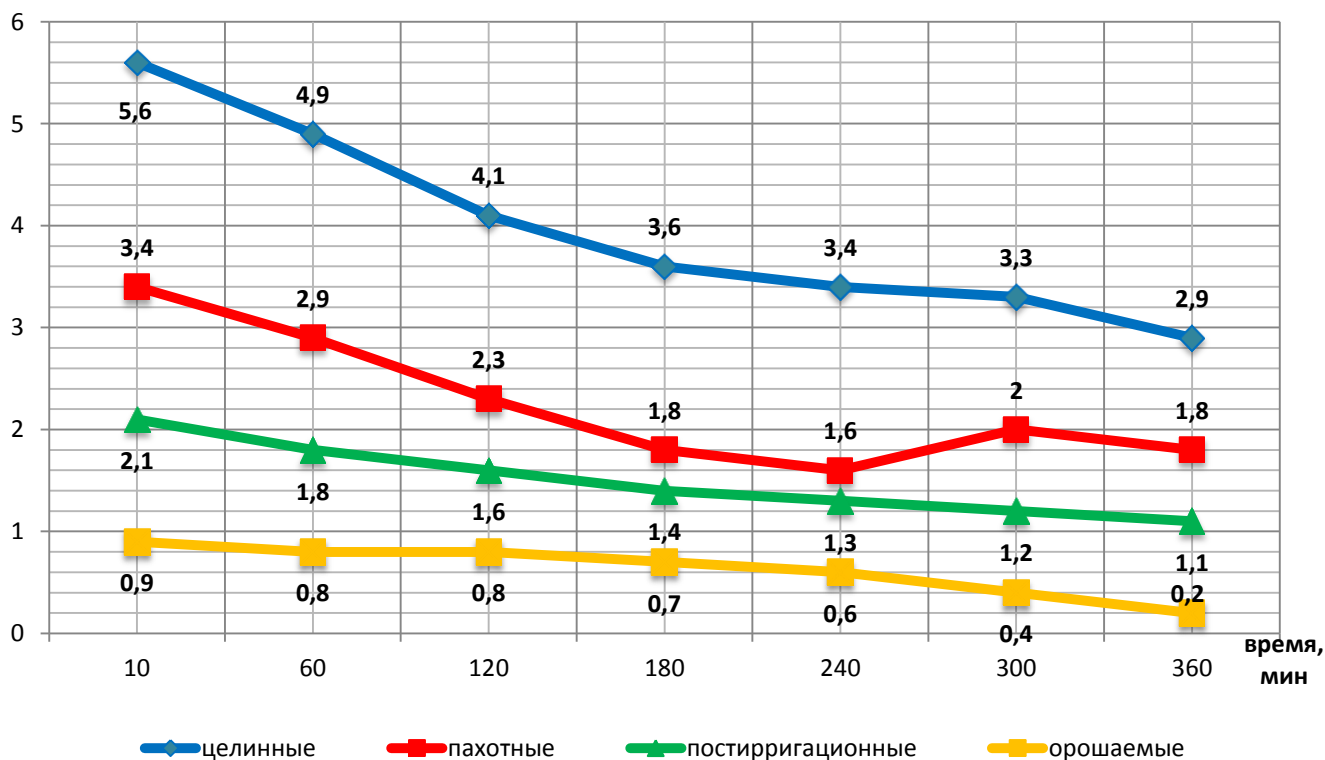


Рисунок 3 – Водопроницаемость чернозема обыкновенного, 2017 г.

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. Вовлечение черноземов в орошаемое земледелие имеет двойное значение по изменению водно-физических свойств. В исследованиях, где поливные нормы составляли 300 м<sup>3</sup>/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 уменьшилась в 1,5-1,7 раза. На рисунке 3 представлена водопроницаемость чернозема обыкновенного в зависимости от освоения.

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 3).

Таблица 3– 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. На целинных почвах изначальное количество нитратного азота было невысоким и за двадцатилетний период произошло некоторое увеличение содержания этого элемента. На рисунке 4 представлено среднее содержание нитратного в 0-40 см слое почвы.

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.

содержание  $\text{NO}_3^-$ ,  
мг/100 г

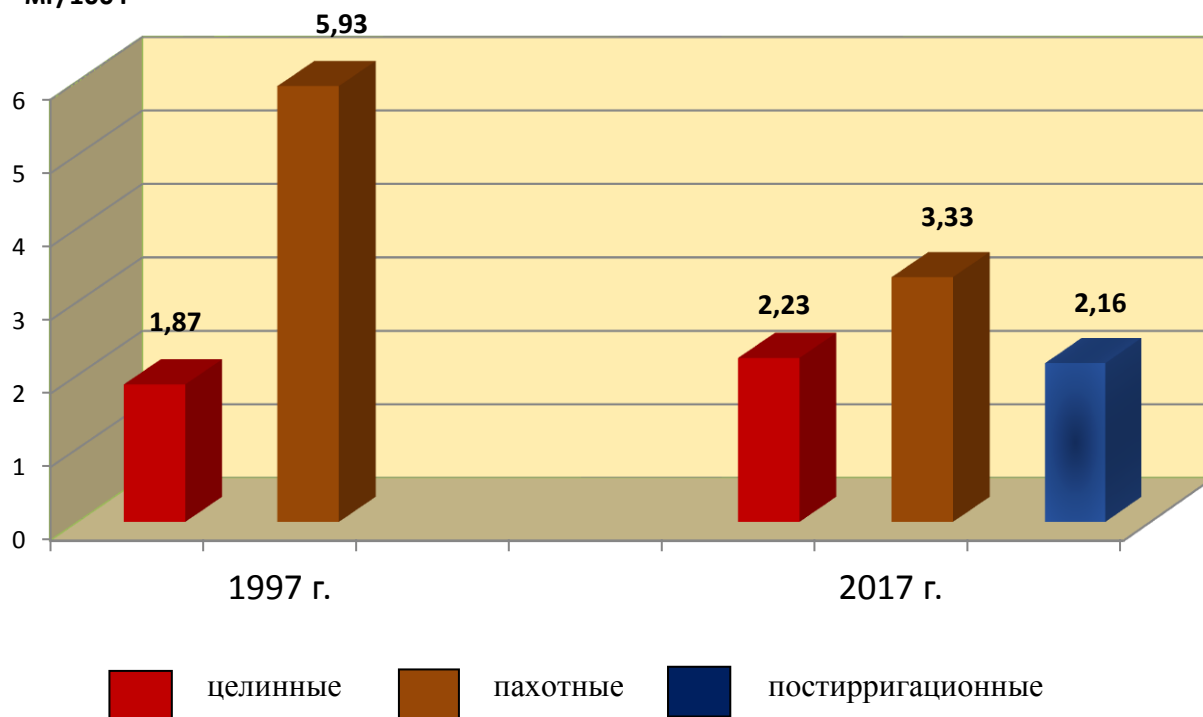


Рисунок 4 – Содержание нитратного азота в 0-40 см слое почв

Исследуемые почвы характеризуются высоким содержанием валового фосфора. В целинных черноземах обыкновенных идет постепенное уменьшение содержания валового фосфора к низу, а если рассмотреть динамику за двадцать лет, то наблюдается увеличение количества фосфатов. 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 5 представлено среднее содержание валового фосфора в 0-40 см слое по видам хозяйственного использования.

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

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%. 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 6.

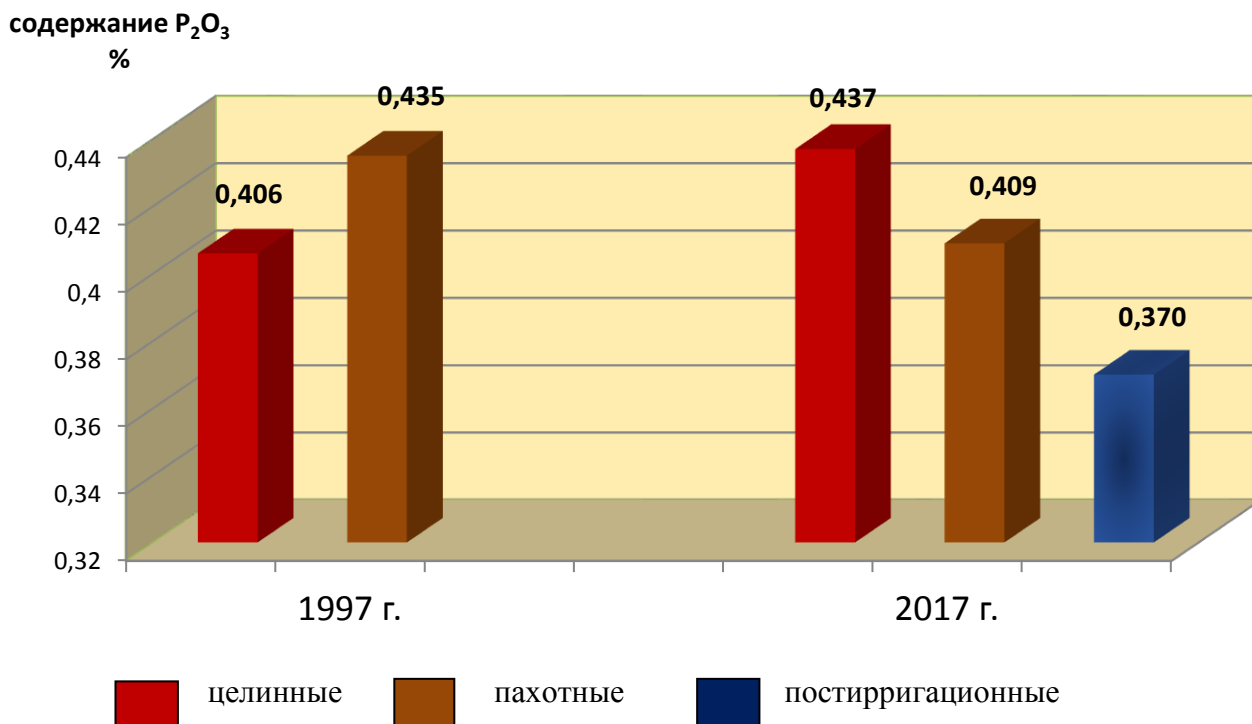


Рисунок 5 – Содержание валового фосфора в 0-40 см слое почв

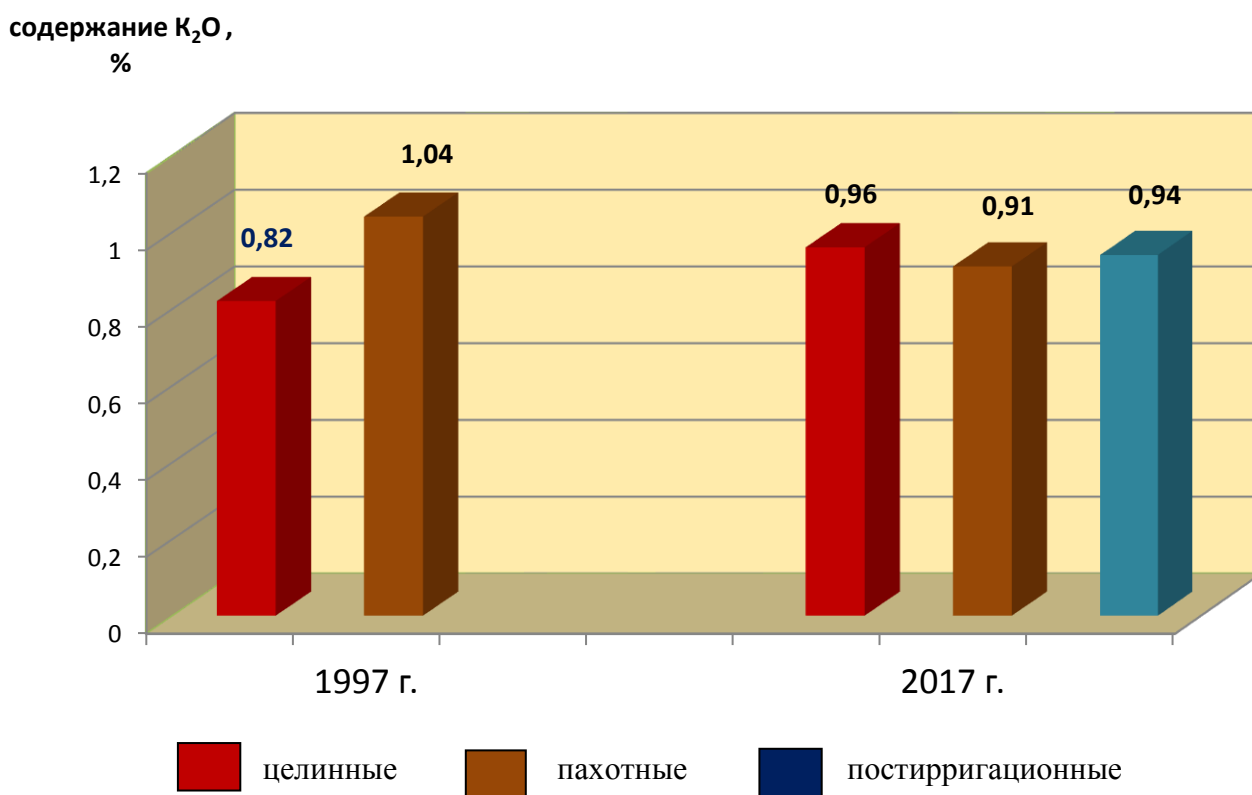


Рисунок 6 – Содержание валового калия в 0-40 см слое почв

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 отмечены низкие значения этого показателя по сравнению с целинными и пахотными черноземами. Процентное содержание обменного магния значительно ниже, чем обменного кальция. В целинных и пахотных почвах содержание обменного магния близко, 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. В черноземах обыкновенных на всех изучаемых почвах в составе поглощенных оснований преобладают ионы  $\text{Ca}^{2+}$ . 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 20 лет сельскохозяйственного освоения сумма обменных оснований уменьшилось. На этих почвах, в слое 20-40 см, наблюдается резкое снижение суммы обменных оснований (таблица 4).

Таблица 4 – 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

#### Глава 4 Мониторинг состояния чернозема обыкновенного

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 5).

Таблица 5– 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

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. В агроценозах значительная часть органического вещества безвозвратно отчуждается с урожаем сельскохозяйственных культур, что обуславливает отрицательный баланс органического вещества и ведет к снижению потенциального плодородия почвы, если не вносится достаточного количества органических удобрений. 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.

Изменения структурно-агрегатного состояния черноземов обыкновенных исследовались в целинных, пахотных и постирригационных почвах во времени. На рисунке 7 показано изменение структурного и агрегатного состава обыкновенных черноземов разного хозяйственного использования.

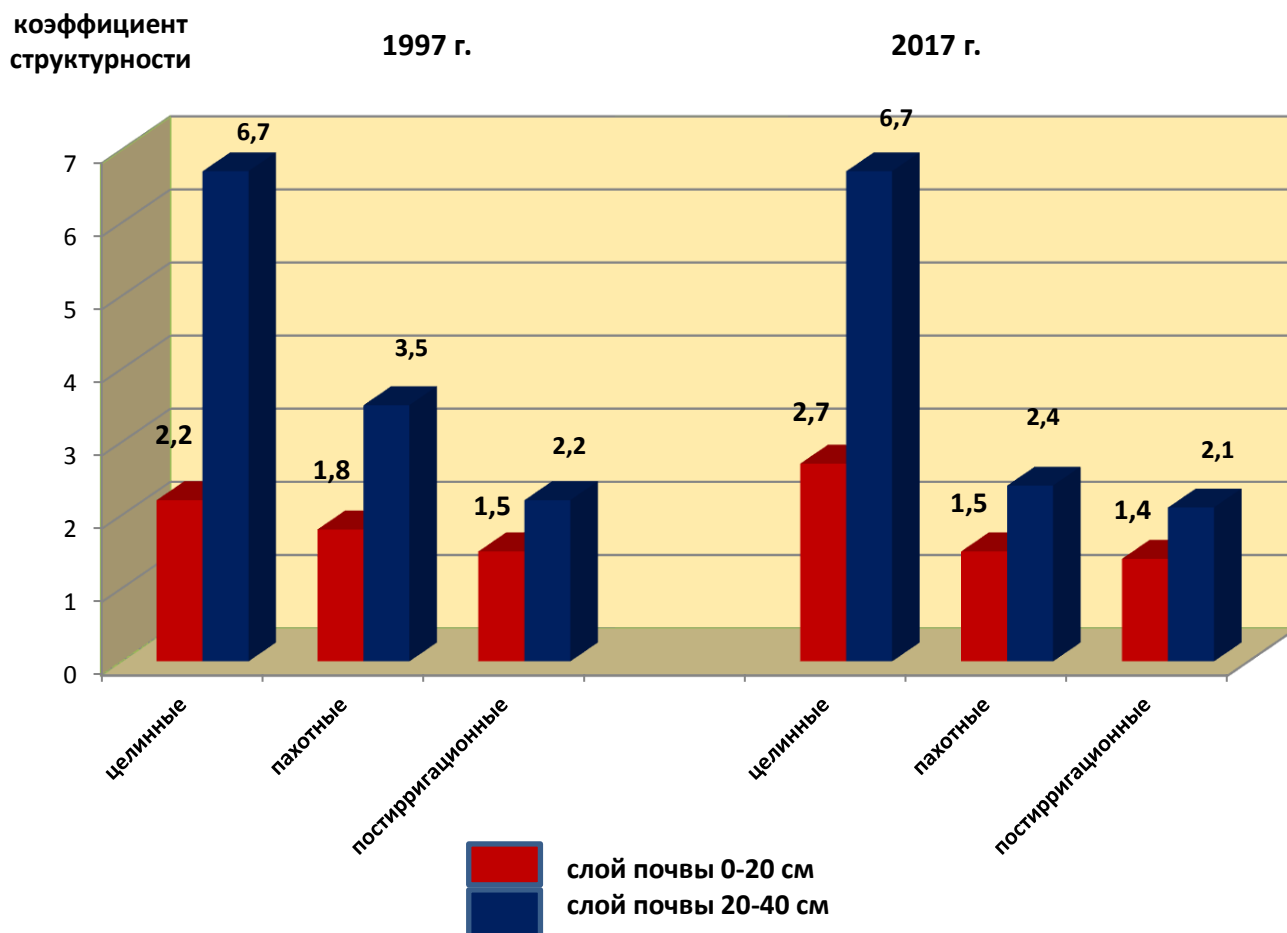


Рисунок 7 – Коэффициент структурности чернозема обыкновенного

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 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. 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 8).

водопрочность, %

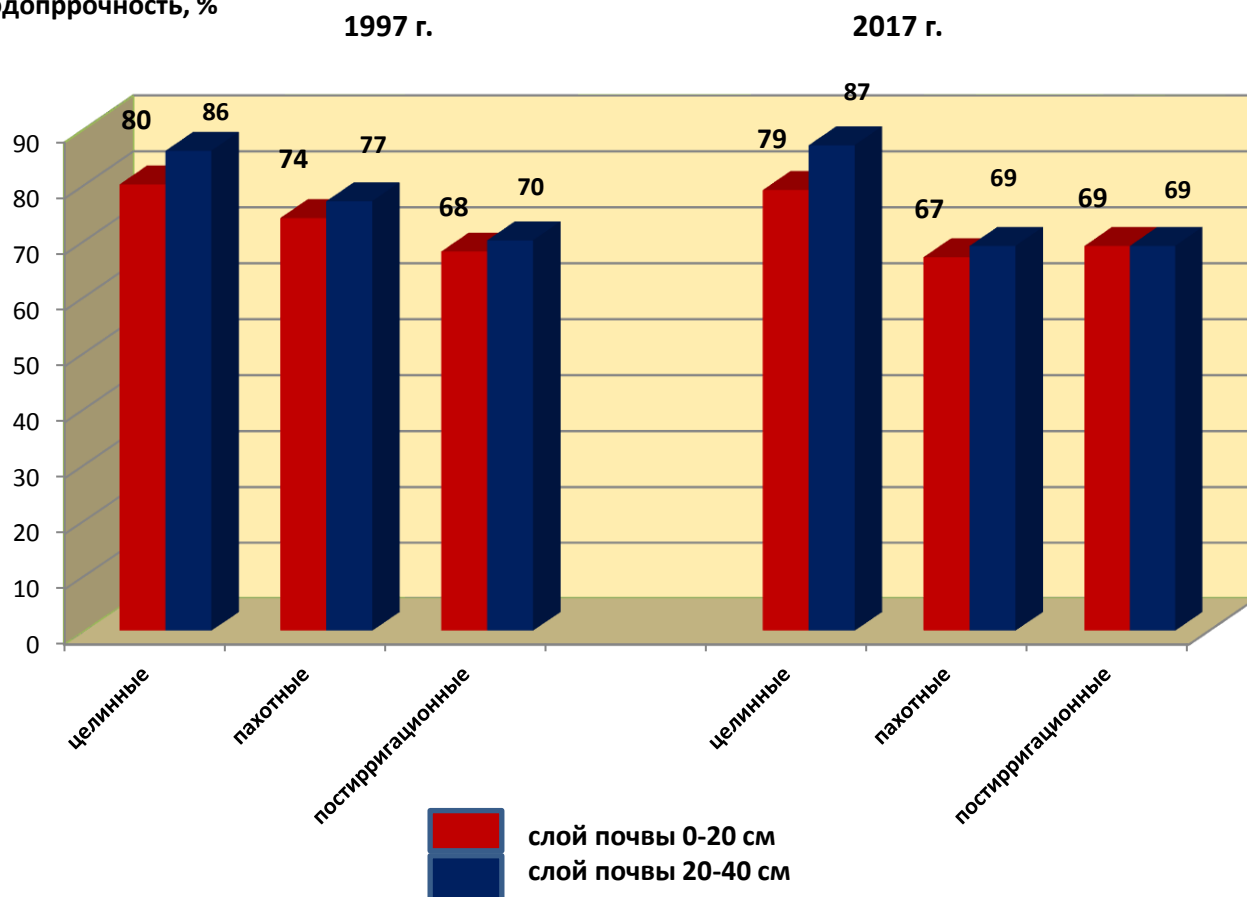


Рисунок 8 – Критерий водопрочности чернозема обыкновенного

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-х годах прошлого столетия велось грузными поливными нормами, что привело к 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%.

## Глава 5. Оптимизация водного режима и агрофизических свойств чернозема обыкновенного

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. 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. Коэффициент

водопотребления на контрольном варианте составил 56 мм/т, тогда как на орошении – 38 мм/т. 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. Основу водопотребления на неорошаемом варианте в условиях 2015 года составили осадки. 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. условиях 2016 года суммарное водопотребление на орошении было выше на 60 мм, чем без орошения. 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.

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 (рисунок 9).

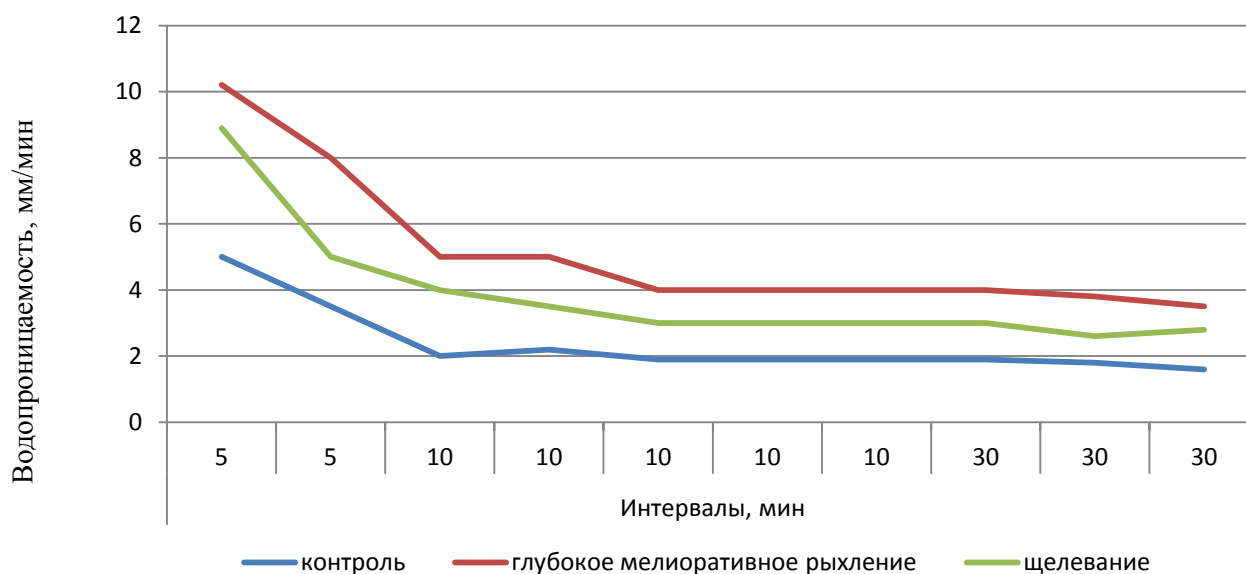


Рисунок 9 – Водопроницаемость чернозема обыкновенного в зависимости от способов обработки

Непосредственно после проведения глубокого мелиоративного рыхления водопроницаемость чернозема возрастает в 7-14,2 раза. Повышение водопроницаемости способствовало лучшему накоплению влаги осенних осадков, а за счет осенних запасов влажность почвы удерживалась на более высоком уровне в течение всей вегетации. Глубокое рыхление на глубину до 50 см обеспечивает рыхление подпахотных горизонтов, уменьшает плотность сложения почвы на 0,1-0,15 г/см<sup>3</sup>.



## 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 к 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.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Публикация, индексируемая в информационно-аналитической системе Scopus

1. Badmaeva S.E., Badmaeva Yu.V., Semenova V.V. Agrophysical properties of black soils depending on types of economic use in the Krasnoyarsk forest-steppe. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science **315** Agritech-2019. DOI: [10.1088/1755-1315/315/5/052018](https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/5/052018).

### Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

2. Бадмаева, С. Э. Гранулометрический состав и агрофизические свойства чернозема обыкновенного лесостепи Красноярского края / С. Э. Бадмаева, Ю. В. Бадмаева, **В. В. Семенова**. – Текст: непосредственный // Плодородие. – 2019. – № 2. – С. 31-32.
3. Бадмаева, С. Э. Изменение содержания гумуса и структурного состояния черноземов в зависимости от видов землепользования в Красноярской лесостепи / С. Э. Бадмаева, **В. В. Семенова**. – Текст: электронный // АгроЭкоИнфо. – 2019. – № 1 (35). – URL: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2019/1/st\\_146.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2019/1/st_146.doc).
4. Бадмаева, С. Э. Оптимизация водного режима чернозема обыкновенного лесостепной зоны Красноярского края / С. Э. Бадмаева, **В. В. Семенова**. – Текст: непосредственный // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 1. – С. 40-46.

### Публикации в других изданиях

5. **Семенова В.В.** Методологический подход к принципам планирования в сфере АПК / **В. В. Семенова**. – Текст: непосредственный // Региональные проблемы устойчивого развития сельской местности: сборник материалов. – Пенза, 2013. – Вып. 5. – С. 130-132.

6. **Семенова, В. В.** Экологический мониторинг почв Минусинского района Красноярского края / **В. В. Семенова**, С. Э. Бадмаева – Текст: непосредственный // Почвы степных и лесостепных экосистем Внутренней Азии и проблемы их рационального использования: сборник. – Улан-Удэ, 2015. – С. 112-114.
7. **Семенова, В. В.** Структурное состояние черноземов обыкновенных лесостепи Красноярского края / **В. В. Семенова**, С. Э. Бадмаева. – Текст: непосредственный // Наука и практика в условиях санкционного миропорядка: сборник. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 58-60.
8. **Семенова, В. В.** Структурно-агрегатный состав черноземов южной лесостепи Красноярского края / **В. В. Семенова**. – Текст: непосредственный // Проблемы современной аграрной науки: сборник материалов Международной научной конференции. – Красноярск, 2018. – С. 58-60.
9. **Семенова, В. В.** Аспекты орошения черноземных почв / **В. В. Семенова**. – Текст: непосредственный // Международная научная конференция профессорско-преподавательского состава, посвященная 175-летию со дня рождения К.А. Тимирязева. – Москва, 2018. – С. 259-261.
10. Бадмаева, С. Э. Влияние глубокого рыхления на агрофизические свойства почвы / С. Э. Бадмаева, Ю. В. Бадмаева, **В. В. Семенова**. – Текст: непосредственный // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России: материалы научно-практической конференции. – Рязань, 2019. – С. 18-21.

Подписано в печать 13.07.2020 г. Формат 60x84/16.

Бумага для множительных аппаратов. Печать ризографная.

Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 3.

РИО Алтайского ГАУ  
656049, г. Барнаул, пр. Красноармейский, 98,  
тел. 8(3852) 203-299