

На правах рукописи

Рыбакова Анна Николаевна

**ТРАНСФОРМАЦИЯ СВОЙСТВ СЕРЫХ ПОЧВ
ПРИ РАЗЛИЧНОМ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ**

03.02.13 – почвоведение

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Тюмень - 2016

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет» на кафедре почвоведения и агрохимии

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор

Сорокина Ольга Анатольевна

Официальные оппоненты:

Добротворская Надежда Ивановна,
доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий» РАН, зав. лабораторией рационального землепользования Сибирского НИИ земледелия и химизации

Самофалова Ираида Алексеевна,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Пермская ГСХА им. академика Д.Н. Прянишникова», доцент кафедры почвоведения

Ведущая организация: ФГБНУ «Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии» РАСХН

Защита диссертации состоится « 14 » сентября в 15-00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.064.01 при ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» по адресу: 625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7; тел./факс: 8 (3452) 46-87-77; E-mail: dissTGSNA@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного аграрного университета Северного Зауралья

Автореферат разослан « 10 » июня 2016 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета,

кандидат с.-х. наук, доцент _____

Рзаева Валентина Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Выведение почв из сельскохозяйственного использования считается современной негативной тенденцией землепользования в Российской Федерации, несмотря на то, что в последние годы часть заброшенных площадей возвращается в пашню. При выводе сельскохозяйственных территорий из использования на месте агроценозов возникают постагрогенные фитоценозы, характеризующиеся совершенно другим составом и структурой растительности.

В основных итогах деятельности отделения земледелия РАСХН за 2006-2010 гг. большое значение придавалось разработке нормативов изменений свойств основных пахотных почв для обоснования мероприятий по сохранению, воспроизводству и мониторингу почв земель сельскохозяйственного назначения [Завалин, 2011]. Определение перспективных направлений исследования земель, выведенных из оборота, причем не только в традиционном сельскохозяйственном русле, но значительно шире, в плане минимизации негативного экологического воздействия – важнейшее направление стратегического планирования и управления ландшафтами [Кирюшин, 1996].

Залежные почвы включаются в процесс постагрогенной трансформации, которая в целом направлена на восстановление свойств и морфологических признаков, соответствующих естественно сформированным почвам. Продолжительность процесса постагрогенной трансформации измеряется десятками и первыми сотнями лет и зависит от регенеративной способности почв [Анциферова, 2005; Каштанов и др., 2006].

Степень разработанности темы. В имеющихся научных исследованиях по теме диссертации установлено, что постагрогенные сукцессии отражаются на динамике морфологии, физических, химических и микробиологических свойств почв. В результате происходит кардинальное изменение закономерностей формирования и функционирования почв, что в свою очередь приводит к эволюции и существенному изменению их экологических функций. Показано изменение основных показателей плодородия бывших пахотных угодий, выведенных из сельскохозяйственного использования, особенно в зоне черноземных почв [Анциферова, 2005; Каземиров, 2007; Ковалева, 2007; Владыченский, Телеснина, 2011 и др.]. Существует мало публикаций по трансформации почв залежей при различном направлении их использования (повторном вовлечении в пашню, использовании под сенокосы и пастбища, под лесопитомники и т.д.). В то же время это одна из насущных задач мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. Обзор литературных источников показывает, что в условиях Красноярского края эта проблема остается малоизученной, так как материалов, касающихся изменения свойств и режимов постагрогенных серых почв, их плодородия, а также в целом о направлении почвообразования практически нет.

Цель исследований – дать оценку трансформации показателей плодородия серых почв при различном их использовании в лесостепной зоне Красноярского края

Задачи исследований:

- 1) оценить показатели потенциального и эффективного плодородия постагрогенных серых почв чистых залежей, а также залежей, вовлеченных в повторное сельскохозяйственное использование под пашню и сенокос;
- 2) оценить основные агрофизические свойств серых почв при их различном использовании;
- 3) изучить запасы, состав надземной фитомассы и установить их корреляционную связь с показателями плодородия почв.

Защищаемые положения:

1. При введении залежи в пашню достоверно снижается биогенная аккумуляция, обедняется микрофлора, выравнивается пространственное варьирование показателей потенциального плодородия, статистически достоверно уменьшается в почве содержание агрономически ценных фракций, ухудшаются агрофизические свойства.

2. Повторное освоение залежи в пашню и использование под сенокос ослабляет тесноту корреляционной связи надземной фитомассы с показателями потенциального плодородия и усиливает связь с эффективным плодородием.

Научная новизна. Впервые получены материалы по характеристике свойств постагрогенных серых почв при различном их использовании в лесостепной зоне Красноярского края. Дана статистическая оценка по достоверности различий показателей потенциального и эффективного плодородия почв между объектами исследования. Проведена оценка запасов и состава надземной фитомассы и их корреляционной связи со свойствами почв. Установлено направление почвообразовательных процессов и трансформации плодородия постагрогенных серых почв.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения материалов по оценке плодородия постагрогенных серых почв при определении их дальнейшего рационального использования. Полученные характеристики этих почв могут служить базовыми данными для целей почвенно-агрохимического мониторинга залежей лесостепной зоны Красноярского края.

Апробация работы. Материалы диссертации опубликованы в 13 работах, в том числе в 3 изданиях рекомендованных ВАК РФ. Результаты исследований докладывались и обсуждались на XV Международно-практической школе-конференции «Экология Южной Сибири и сопредельных территорий» (Абакан, 2011), Всероссийской молодежной конференции «Современные проблемы почвоведения и природопользования в Сибири» (Томск, 2012), XVI Международно-практической школе-конференции «Экология Южной Сибири и сопредельных территорий» (Абакан, 2012), VIII Международной научно-практической конференции: «Аграрная наука – сельскому хозяйству» (Барнаул, 2013), Международной научно-практической конференции «Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития» (Красноярск, 2013), на научных семинарах кафедры почвоведения и агрохимии (2011, 2012, 2013).

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 202 страницах текста, состоит из введения, 7 глав, 8 выводов и 32 приложений. Содержит 20 таблиц и 30 рисунков. Библиографический список включает 184 источника, в том числе 4 иностранных.

Личный вклад автора состоит в проведении полевых и лабораторных экспериментов, анализе, обобщении материала, статистической обработке и интерпретации полученных результатов.

Благодарность. Автор выражает признательность доктору биологических наук, профессору Сорокиной О.А. за всестороннюю поддержку и методические рекомендации при написании работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 Теоретические и методологические аспекты постагрогенного развития почв

1.1 Понятие залежи и причины их образования. В данной главе изучено понятие залежей, причины образования, их значение в сельском хозяйстве страны. За последние 10-15 лет из сельскохозяйственного оборота в России выпало от 30 до 40 млн. га пахотных почв. Это не только почвы, использование которых в настоящее время экономически не выгодно (низко плодородные, удаленные от населенных пунктов, выпаханные и сильно деградированные), но и почвы плодородные, окультуренные, бывшие орошаемые и осушенные [Бондарев и др., 2002]. Н.Б. Хитров и др. [2008] выделяют экономические, социально-экономические и экологические причины вывода земель из сельскохозяйственного оборота.

1.2 Трансформация свойств постагрогенных почв. Физические, химические и биологические процессы, происходящие в почвах, выведенных из сельскохозяйственного оборота, которые можно объединить общим термином «самовосстановление», изучены недостаточно. Самовосстановление почв можно определить как совокупность естественных природных процессов, проявляющихся в «стремлении» почвенной системы вернуться в исходное

ненарушенное состояние [Анциферова, 2005]. Анализ научной литературы показал, что на комплекс свойств почв оказывает влияние как сам вывод и ввод их из сельскохозяйственного оборота, так и сукцессии фитоценозов в стадии залежи [Анциферова, 2005; Волкова, 2005; Коробова, 2004; Ковалева, 2007; Сорокина, 2008; Токавчук, 2008 и др.].

Большинство проведенных исследований касаются постагрогенной трансформации плодородия залежных почв, в основном европейской части России [Васильев, 2007; Шабанов, 2008; Каземиров, 2007; Медведев и др. 2005; Розанов, 2008; Владыченский, Телеснина, 2011 и др.]. Проблема изучения трансформации свойств постагрогенных почв залежей при различном направлении их использования в Красноярском крае недостаточно изучена.

1.3 Генетические особенности серых почв как объекта исследования. В данной главе приводится общая характеристика серых почв Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепи по данным различных ученых [Семина, 1974; Бугаков, Чупрова, 1995; Крупкин, 2002; Безруких, 2003 и др.]. Эти почвы довольно богаты гумусом, сильно выщелочены, слабо оподзолены, им свойственны процессы оглеения, связанные с длительным сохранением мерзлоты. В целом почвы отличаются невысоким естественным плодородием.

Глава 2 Физико-географический очерк районов исследования

2.1 Красноярская лесостепь. Красноярская лесостепь является одной из «островных» лесостепей южной земледельческой части Красноярского края. Поверхность ее расчленена на плоские увалы и плосковершинные холмы, имея заметно выраженный западинно-бугристый мезо- и микрорельеф. Для зоны характерна ярко выраженная континентальность климата. На этой территории западнее и южнее ареала лессовидных пород, господствуют бурые и коричнево-бурые глины. Преобладают черноземы и серые почвы.

2.2 Ачинско-Боготольская лесостепь Ачинско-Боготольская лесостепь размещается на юго-восточной окраине Западно-Сибирской низменности. Климат здесь резко континентальный. Эта территория характеризуется благоприятными геоморфологическими условиями. Разнообразные почвообразующие породы создают необходимые предпосылки для развития довольно обширного спектра почвенно-генетических типов: от дерново-подзолистых до лугово-черноземных.

Глава 3 Объекты и методы исследования

3.1 Характеристика объектов исследования. Исследования проводились в 2010-2013 гг. на постагрогенных серых почвах Красноярской (Емельяновский район) и Ачинско-Боготольской (Козульский район) лесостепи. В качестве объектов исследования в 2010 г. были подобраны парные площадки чистых залежей (в дальнейшем просто залежь), а также залежей, повторно введенных в пашню и залежей, используемых в качестве сенокосов. В каждом районе объекты исследования расположены в совершенно идентичных геоморфологических условиях, на очень близком друг от друга расстоянии, которое не превышает 500 метров, или эти участки граничат между собой. Всего заложено шесть пробных площадок (ПП), каждая площадью по 1 га.

ПП-1 – разнотравно-злаковая залежь Красноярской лесостепи. Проходит переходную стадию сукцессии от корневищной к дерновинной. ПП-2 – залежь, введенная с 2008 г. в сельскохозяйственный оборот под пашню, которую используют под посевы зерновых культур при чередовании с чистым паром. Органические и минеральные удобрения не применялись. ПП-3 – залежь, используемая с 2009 г. под сенокос. ПП-4 – разнотравно-злаковая залежь Ачинско-Боготольской лесостепи. Представляет переходную от корневищной к дерновинной стадию залежной сукцессии. ПП-5 – залежь, введенная в сельскохозяйственный оборот в 2008 г. под посевы зерновых при чередовании с чистым паром. ПП-6 – залежь, используемая в качестве сенокоса с 2009 г. Наиболее существенную роль в проективном покрытии залежей обоих районов занимают мезофиты, характерные для луговых ценозов. На сенокосах доля злаковых растений преобладает над разнотравьем.

3.2 Методы исследования. В 2010 г. на всех объектах заложили полнопрофильные почвенные разрезы. На каждом объекте исследования закладывали пробные площадки (ПП) площадью по 1 га. Пробные площадки разбивали в 2011 г. на десять элементарных участков (ЭУ) и на пять в 2012 г. С каждого ЭУ отбирали представительный (смешанный) образец почвы из слоя 0-10 и 10-20 см, для составления которого отбирали не менее 20 индивидуальных (точечных) проб. Определяли следующие почвенно-агрохимические показатели: общий и водорастворимый гумус по Тюрину, общий азот ($N_{общ}$) по Кьельдалю, отношение углерода к азоту (C:N), актуальную (pH_{H_2O}) и обменную (pH_{KCl}) кислотность ионометрически, гидролитическую (Нг) кислотность по Каппену, сумму обменных оснований (S) по Каппену-Гильковицу, степень насыщенности основаниями (V), подвижное железо ($Fe_2^{+}+Fe_3^{+}$) по Веригиной, нитратный азот ($N-NO_3$) с дисульфифеноловой кислотой в модификации Шаркова, аммонийный азот ($N-NH_4$) с реактивом Несслера, подвижный фосфор (P_2O_5) и обменный калий (K_2O) по Кирсанову.

Численность основных таксономических и эколого-трофических групп микроорганизмов определяли согласно методике [Методы стационарного изучения почв, 1977]. Рассчитали коэффициенты микробиологической минерализации (КАА/МПА), олиготрофности (ПА/МПА), олиготрофности по азоту (Эшби/МПА).

В 2011-2013 гг. изучали содержание общей влаги весовым методом и рассчитали запасы продуктивной влаги. Определение структурного состава проводили методом сухого просеивания по Саввинову. Плотность сложения определяли в металлических цилиндрах с ненарушенным сложением почвы по Качинскому. Рассчитывали порозность аэрации. Все определения проводили для слоев 0-10 и 10-20 см в пятикратной повторности.

В 2011-2013 гг. по рамке (1 м×1 м) учитывали запасы сырой и воздушно-сухой надземной фитомассы в пятикратной повторности в два срока (30 июня и 30 августа). Определяли долю злакового и разнотравного компонентов.

Все полученные результаты статистически обрабатывали, подсчитывали коэффициенты пространственного варьирования свойств почв ($C_v, \%$), достоверность различий изученных свойств почв между объектами исследования по критерию Стьюдента ($t_{факт}$) при $t_{теор}(2,1)$, коэффициенты корреляции (r) между запасами фитомассы и свойствами почв.

Глава 4 Характеристика постагрогенных серых почв объектов исследования

4.1 Морфологическая характеристика почв. Постагрогенные серые почвы залежей имеют следующее строение почвенного профиля: АУра – АЕI – ВЕI – ВТ – ВС – С. Следуя определению Б.Г. Розанова [1975; 1983], профиль их относится по строению к группе простой, по типу – нормальный. Четко выражена резкая граница по глубине бывшей вспашки (ра). Различия морфологических признаков почв объектов исследования наблюдаются только в самой верхней части профиля, указывая на уплотнение (сенокос) или разрыхление (пашня) с формированием специфической структуры.

В целом почвы всех объектов исследования относятся к типу серых и имеют одинаковое генетическое происхождение, характеризуются тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. Это сходство выявляет общие закономерности в свойствах почв и является адекватной методической основой для подобных исследований.

4.2 Физико-химическая характеристика почв. Особенностью гумусового профиля является отчетливо выраженная дифференциация с интенсивной аккумуляцией органического вещества, биогенных элементов в самой верхней части и довольно резким падением содержания гумуса с глубиной. Реакция почв среднекислая, степень насыщенности основаниями высокая.

Глава 5 Трансформация плодородия серых почв при различном их использовании

5.1 Основные показатели потенциального плодородия почв Красноярской лесостепи. Установлено самое высокое содержание гумуса в слое почвы 0-10 см на залежи Красноярской лесостепи (табл. 1). Увеличение гумуса в почвах залежи и сенокоса по сравнению с

пашней является статистически доказуемым. Развитие в почвах залежи и сенокоса дернового процесса приводит к гумусонакоплению, биологической аккумуляции азота, обменных оснований. Коэффициенты пространственного варьирования содержания гумуса в почвах всех объектов не превышают 20%. Статистически достоверное снижение валового азота более чем в два раза на освоенных и распаханых участках закономерно отмечается при сопоставлении пар: «залежь - пашня» и «сенокос - пашня».

Таблица 1 – Показатели плодородия постагрогенных серых почв Красноярской лесостепи и их статистические параметры (2011-2012 гг.)

Показатели плодородия	Стат. параметры	Объекты исследования					
		залежь	пашня	сенокос	залежь	пашня	сенокос
		0-10 см			10-20 см		
Гумус, %	Мср Cv, % t _{факт}	7,6 19,0 t ₁₋₂ 7,5	4,2 5,9 t ₂₋₃ 6,2	5,7 11,7 t ₁₋₃ 4,1	4,6 39,0 t ₁₋₂ 6,7	3,8 10,5 t ₂₋₃ 2,2	4,3 17,2 t ₁₋₃ 4,2
Нобщ., %	Мср Cv, % t _{факт}	0,395 25,0 t ₁₋₂ 6,3	0,201 12,0 t ₂₋₃ 6,9	0,298 18,3 t ₁₋₃ 3,2	0,291 25,9 t ₁₋₂ 5,1	0,201 8,2 t ₂₋₃ 0,5	0,194 24,8 t ₁₋₃ 4,8
Водорастворимый гумус, %	Мср Cv, % t _{факт}	0,106 9,1 t ₁₋₂ 10,0	0,071 7,5 t ₂₋₃ 6,6	0,086 5,7 t ₁₋₃ 5,0	0,080 7,8 t ₁₋₂ 6,6	0,065 9,8 t ₂₋₃ 2,5	0,072 12,8 t ₁₋₃ 5,0
C:N	Мср Cv, % t _{факт}	11,3 10,7 t ₁₋₂ 1,6	12,3 11,8 t ₂₋₃ 2,5	11,1 7,3 t ₁₋₃ 0,4	10,9 9,0 t ₁₋₂ 0	10,9 9,0 t ₂₋₃ 3,5	13,1 12,9 t ₁₋₃ 3,5
pH _{H2O}	Мср Cv, % t _{факт}	5,9 1,7 t ₁₋₂ 2,0	5,8 2,9 t ₂₋₃ 1,7	5,7 3,8 t ₁₋₃ 1,8	5,9 1,8 t ₁₋₂ 5,0	5,7 3,3 t ₂₋₃ 5,4	5,5 2,4 t ₁₋₃ 8,9
pH _{KCl}	Мср Cv, % t _{факт}	5,0 4,4 t ₁₋₂ 3,6	4,9 3,3 t ₂₋₃ 1,5	4,7 2,9 t ₁₋₃ 5,2	4,9 2,4 t ₁₋₂ 4,2	4,7 4,3 t ₂₋₃ 0	4,6 4,2 t ₁₋₃ 3,0
S, м-моль /100 г	Мср Cv, % t _{факт}	33,5 7,0 t ₁₋₂ 8,6	25,7 6,4 t ₂₋₃ 1,4	27,0 6,7 t ₁₋₃ 7,5	30,3 7,5 t ₁₋₂ 7,9	22,8 11,1 t ₂₋₃ 0,9	23,6 9,2 t ₁₋₃ 9,3
Hг, м-моль /100 г	Мср Cv, % t _{факт}	2,9 5,0 t ₁₋₂ 5,5	2,5 7,0 t ₂₋₃ 2,9	2,7 4,9 t ₁₋₃ 3,2	2,8 4,7 t ₁₋₂ 6,3	2,4 6,4 t ₂₋₃ 4,8	2,7 4,8 t ₁₋₃ 1,7
V, %	Мср Cv, % t _{факт}	92,2 0,8 t ₁₋₂ 3,1	90,9 1,2 t ₂₋₃ 0,2	90,8 0,8 t ₁₋₃ 4,3	91,6 0,6 t ₁₋₂ 2,9	90,1 1,7 t ₂₋₃ 0,7	89,7 0,9 t ₁₋₃ 2,8
Подвижное железо, мг/кг	Мср Cv, % t _{факт}	30,4 30,3 t ₁₋₂ 6,7	55,9 10,0 t ₂₋₃ 1,1	58,1 25,5 t ₁₋₃ 7,2	35,0 30,8 t ₁₋₂ 7,8	59,4 7,9 t ₂₋₃ 4,5	85,3 35,1 t ₁₋₃ 8,6

Здесь и далее: Мср – среднее арифметическое; Cv – коэффициент варьирования; t_{факт} – фактическая достоверность различий показателей; t₁₋₂ (залежь-пашня), t₂₋₃ (пашня-сенокос), t₁₋₃ (залежь-сенокос) – фактическая достоверность между залежью, пашней и сенокосом

Обогащенность гумуса азотом по отношению углерода к азоту в почвах характеризуется от низкой (11-14) до средней (9-11). Более узкое C:N характерно здесь для почвы залежи. По величине pH постагрогенные серые почвы залежей характеризуются менее кислой реакцией, невысокой гидролитической кислотностью и довольно высокой степенью насыщенности основаниями. Как правило, в почвах сенокосов статистически достоверно повышается степень кислотности по сравнению с почвой залежи и пашни. Содержание водорастворимого гумуса самое высокое в почвах залежей, что подтверждается высокими значениями t_{факт}. Это связано здесь со спецификой образования большого количества надземной и подземной фитомассы и поступлением ее в почву.

В целом, постагрогенные серые почвы залежей Красноярской лесостепи характеризуются более высоким потенциальным плодородием в сравнении с пашней и сенокосом.

5.2 Основные показатели потенциального плодородия почв Ачинско-Боготольской лесостепи. Установлено максимальное содержание гумуса и общего азота в почве залежи Ачинско-Боготольской лесостепи (табл.2). Это связано с очень развитым травянистым покровом, который дает большое количество органического вещества для дальнейшего его превращения. На пашне снижение содержания гумуса связано с механическими потерями органического вещества при освоении и распашке залежи, а также за счет разложения лабильных органических соединений.

Таблица 2 – Показатели плодородия постагрогенных серых почв Ачинско-Боготольской лесостепи и их статистические параметры (2011-2012 гг.)

Показатели плодородия	Стат. параметры	Объекты исследования					
		залежь	пашня	сенокос	залежь	пашня	сенокос
		0-10 см			10-20 см		
Гумус, %	Мср	8,2	3,9	5,5	5,8	3,9	4,5
	Cv, %	17,3	7,8	9,7	12,4	8,6	12,5
	t _{факт}	t ₁₋₂ 10,5	t ₂₋₃ 8,9	t ₁₋₃ 6,2	t ₁₋₂ 7,5	t ₂₋₃ 2,7	t ₁₋₃ 4,5
Нобщ., %	Мср	0,491	0,205	0,272	0,351	0,180	0,237
	Cv, %	20,7	14,6	13,7	15,3	10,2	14,8
	t _{факт}	t ₁₋₂ 9,3	t ₂₋₃ 6,1	t ₁₋₃ 6,7	t ₁₋₂ 9,6	t ₂₋₃ 4,9	t ₁₋₃ 5,6
Водорастворимый гумус, %	Мср	0,109	0,071	0,086	0,089	0,068	0,074
	Cv, %	10,9	11,9	11,5	7,1	9,6	10,0
	t _{факт}	t ₁₋₂ 12,0	t ₂₋₃ 5,6	t ₁₋₃ 7,8	t ₁₋₂ 15,0	t ₂₋₃ 3,0	t ₁₋₃ 3,9
C:N	Мср	9,8	11,0	11,8	9,7	12,4	11,0
	Cv, %	4,6	6,8	4,6	5,1	9,7	5,8
	t _{факт}	t ₁₋₂ 4,1	t ₂₋₃ 2,2	t ₁₋₃ 6,6	t ₁₋₂ 6,6	t ₂₋₃ 3,2	t ₁₋₃ 5,0
pH _{H2O}	Мср	5,2	5,4	4,9	5,6	5,3	4,7
	Cv, %	5,7	1,9	2,3	5,0	3,5	3,1
	t _{факт}	t ₁₋₂ 2,7	t ₂₋₃ 11,6	t ₁₋₃ 4,3	t ₁₋₂ 4,0	t ₂₋₃ 10,9	t ₁₋₃ 11,3
pH _{KCl}	Мср	4,4	4,4	4,1	4,6	4,3	3,9
	Cv, %	4,9	3,3	4,3	6,5	3,4	5,6
	t _{факт}	t ₁₋₂ 0	t ₂₋₃ 8,5	t ₁₋₃ 6,9	t ₁₋₂ 2,6	t ₂₋₃ 7,5	t ₁₋₃ 2,6
S, м-моль /100 г	Мср	33,2	28,3	36,6	32,2	23,3	31,0
	Cv, %	6,5	11,8	7,0	5,3	13,2	8,8
	t _{факт}	t ₁₋₂ 3,2	t ₂₋₃ 5,4	t ₁₋₃ 3,2	t ₁₋₂ 6,8	t ₂₋₃ 4,5	t ₁₋₃ 1,7
Нг, м-моль /100 г	Мср	5,5	4,0	5,3	5,4	4,0	5,3
	Cv, %	3,4	4,4	5,0	3,5	6,8	4,9
	t _{факт}	t ₁₋₂ 17,4	t ₂₋₃ 12,3	t ₁₋₃ 1,9	t ₁₋₂ 12,5	t ₂₋₃ 10,4	t ₁₋₃ 0,9
V, %	Мср	85,9	87,7	87,4	85,8	85,1	85,2
	Cv, %	1,2	1,7	0,8	0,5	2,4	1,3
	t _{факт}	t ₁₋₂ 3,0	t ₂₋₃ 0,5	t ₁₋₃ 3,8	t ₁₋₂ 0,9	t ₂₋₃ 0,1	t ₁₋₃ 1,9
Подвижное железо, мг/кг	Мср	156,7	133,0	79,1	113,7	145,7	68,1
	Cv, %	4,4	1,8	12,2	19,0	14,1	5,9
	t _{факт}	t ₁₋₂ 0,8	t ₂₋₃ 12,0	t ₁₋₃ 2,7	t ₁₋₂ 2,4	t ₂₋₃ 8,4	t ₁₋₃ 4,6

На залежи и сенокосе увеличение содержания гумуса обусловлено накоплением легкоразлагаемых органических веществ. Вместе с тем, продуктивность фитоценоза залежи существенно выше в сравнении с сенокосом, что в свою очередь влияет на поступление органического вещества в почву. Минимальное содержание общего азота выявлено в почве пашни в оба года исследования, что коррелирует с содержанием гумуса и статистически подтверждается. Почвы сенокоса занимают промежуточное положение и характеризуются средним уровнем содержания общего азота.

Коэффициенты пространственного варьирования содержания гумуса и общего азота очень низкие. Степень обогащенности гумуса азотом постагрогенных серых почв Ачинско-Боготольской лесостепи средняя и низкая. Почвы залежей отличается самым узким соотношением C:N. Максимальное количество водорастворимого гумуса отмечено в почве залежи.

При введении залежи в пашню и использовании под сенокос, содержание водорастворимого гумуса заметно снижается в обеих почвах.

Изученные серые почвы Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепи при разном направлении их использовании за два года исследования имеют общие черты:

- самое высокое содержание гумуса, общего азота, водорастворимого гумуса, суммы обменных оснований, а также максимальная степень насыщенности основаниями характерна для почв залежей, что статистически подтверждается;
- при введении залежи в пашню происходит достоверное снижение количества гумуса, общего азота, водорастворимого гумуса, суммы обменных оснований и расширение отношения углерода к азоту;
- почвы сенокосов занимают промежуточное положение между почвами залежей и пашен.

По комплексу количественных показателей потенциального плодородия первые позиции занимают постагrogenные серые почвы залежей, затем сенокосов. В почвах залежей, введенных в пашню, оптимизируются показатели качественного состояния плодородия за счет снижения пространственной вариабельности агрохимических свойств, но снижаются количественные параметры.

5.3 Основные показатели эффективного плодородия серых почв лесостепной зоны Красноярского края. При освоении залежи и вовлечении ее в пашню несколько активизируется нитрификация, особенно в почвах Ачинско-Боготольской лесостепи, что связано с их лучшей влагообеспеченностью. Здесь статистически достоверно увеличивается содержание нитратного азота в сравнении с залежью и сенокосом. На участках освоенной пашни обеспеченность нитратным азотом почвы низкая в Красноярской лесостепи и высокая в Ачинско-Боготольской лесостепи (табл. 3).

Таблица 3 – Показатели эффективного плодородия серых почв и их статистические параметры (2011-2012 гг.)

Показатели плодородия, мг/кг	Стат. параметры	Объекты исследования					
		залежь	пашня	сенокос	залежь	пашня	сенокос
		0-10 см			10-20 см		
Красноярская лесостепь							
N-NO ₃	Mcp	12,1	5,8	3,2	5,0	5,0	1,8
	Cv, %	58,4	79,9	47,9	58,2	63,2	28,7
	t _{факт}	t ₁₋₂ 3,2	t ₂₋₃ 0,6	t ₁₋₃ 3,0	t ₁₋₂ 1,2	t ₂₋₃ 6,3	t ₁₋₃ 3,0
N-NH ₄	Mcp	11,3	5,4	5,8	10,1	4,6	3,4
	Cv, %	24,9	79,5	18,5	31,0	86,6	56,7
	t _{факт}	t ₁₋₂ 12,5	t ₂₋₃ 6,5	t ₁₋₃ 8,5	t ₁₋₂ 12,0	t ₂₋₃ 0,7	t ₁₋₃ 12,3
P ₂ O ₅	Mcp	235,1	223,5	218	128,0	194,2	109,1
	Cv, %	38,2	27,1	39,9	18,2	38,4	30,9
	t _{факт}	t ₁₋₂ 2,7	t ₂₋₃ 2,2	t ₁₋₃ 0,5	t ₁₋₂ 3,1	t ₂₋₃ 6,9	t ₁₋₃ 3,5
K ₂ O	Mcp	340,8	182,9	322,4	142,4	128,7	116,4
	Cv, %	43,2	9,9	40,6	12,1	14,2	16,7
	t _{факт}	t ₁₋₂ 6,1	t ₂₋₃ 7,9	t ₁₋₃ 0,5	t ₁₋₂ 5,4	t ₂₋₃ 1,3	t ₁₋₃ 5,2
Ачинско-Боготольская лесостепь							
N-NO ₃	Mcp	11,3	19,8	3,2	7,8	11,3	3,3
	Cv, %	80,5	92,9	56,4	82,8	53,8	85,4
	t _{факт}	t ₁₋₂ 0,7	t ₂₋₃ 2,5	t ₁₋₃ 3,6	t ₁₋₂ 1,2	t ₂₋₃ 4,8	t ₁₋₃ 2,8
N-NH ₄	Mcp	13,7	6,3	5,5	11,6	5,9	5,9
	Cv, %	44,4	78,7	18	42,4	87,8	23,6
	t _{факт}	t ₁₋₂ 13,3	t ₂₋₃ 5,7	t ₁₋₃ 10,9	t ₁₋₂ 13,1	t ₂₋₃ 4,4	t ₁₋₃ 11,1
P ₂ O ₅	Mcp	110,0	95,1	123,6	110,6	74,2	116,6
	Cv, %	16,8	11,7	22,2	39,5	10,7	23,8
	t _{факт}	t ₁₋₂ 1,7	t ₂₋₃ 1,6	t ₁₋₃ 0,7	t ₁₋₂ 2,5	t ₂₋₃ 5,0	t ₁₋₃ 1,1
K ₂ O	Mcp	216,6	149,5	137,7	101,3	93,8	95,8
	Cv, %	32,3	15,1	32,5	11,7	16,6	18,5
	t _{факт}	t ₁₋₂ 4,0	t ₂₋₃ 0,3	t ₁₋₃ 3,4	t ₁₋₂ 2,7	t ₂₋₃ 1,1	t ₁₋₃ 1,3

Установлено высокое пространственное варьирование N-N₀₃ в обоих слоях почвы, особенно на залежи. Введение залежи в пашню нивелировало пространственное варьирование содержания нитратного азота. Содержание подвижного фосфора в почвах Красноярской лесостепи более высокое, чем в Ачинско-Боготольской. Здесь в почвах залежи и сенокоса по сравнению с пашней отмечается статистически достоверное увеличение содержания подвижного фосфора, особенно в слое 0-10 см, что связано с его биогенной аккумуляцией. Пространственное варьирование подвижных фосфатов несколько выше в почвах залежей.

Обеспеченность обменным калием почв всех объектов в Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепи высокая, особенно в слое 0-10 см, что характерно для почв лесостепной зоны Красноярского края, характеризующихся тяжелым гранулометрическим составом. Судя по критерию Стьюдента, существенных различий по содержанию обменного калия между объектами исследования не установлено. Пространственное варьирование этого показателя, особенно в слое 0-10 см, как правило, выше, чем подвижного фосфора.

5.4 Биологическая активность постагrogenных серых почв. Численность микроорганизмов, использующих для своего роста азот органических соединений (рост бактерий и микромицетов на МПА), выше в почвах залежей обоих районов исследования, по сравнению с пашней и сенокосом (табл. 4). В то же время в почвах залежей отмечается меньшее содержание бактерий и актиномицетов, мобилизующих минеральные формы азота (рост на КАА). При этом коэффициенты микробиологической минерализации (КАА/МПА) в почвах залежей имеют величины, не превышающие единицу (0,7-0,8), что свидетельствует о преобладании органических форм азота над минеральными и отражено в содержании нитратного азота.

Таблица 4 – Численность эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭКТГМ) в серых почвах (2012 г.)

Объект иссле- дования	Глу- бина, См	Количество КОЕ, млн/г сухой почвы					Коэффициенты		
		МПА	КАА	СА	ПА	Среда Эшби	КАА/ МПА	ПА/ МПА	Эшби/ МПА
Красноярская лесостепь									
Залежь	0-10	24,1±1,9	20,4±1,3	56±4,4	17,1±1,3	20,1±1,3	0,8	0,7	0,8
	10-20	10,4±1,1	7,6±0,3	10±0,7	10,5±0,1	9,7±0,5	0,7	1,0	0,9
Пашня	0-10	18,2±1,2	23,1±1,6	37±2,7	12,5±0,9	11,2±0,6	1,4	0,9	0,8
	10-20	8,6±0,6	9,2±0,5	11±0,5	6,1±0,2	4,7±0,3	1,1	0,7	0,5
Сенокос	0-10	18,8±1,3	17,9±1,2	54±4,1	15,8±0,9	18,1±1,1	0,9	0,8	0,9
	10-20	6,4±0,5	5,1±0,2	11±0,6	5,6±0,2	5,9±0,2	0,8	0,9	0,9
Ачинско-Боготольская лесостепь									
Залежь	0-10	22,5±1,7	19,1	61±5,5	17,2±1,1	19,7±1,1	0,8	0,7	0,8
	10-20	8,8±0,7	7,6	17±1,1	9,1±0,7	8,1±0,6	0,8	1,1	0,9
Пашня	0-10	19,7±1,4	27,6	41±3,7	12,7±0,8	10,4±0,7	1,4	0,6	0,5
	10-20	8,1±0,6	9,7	11±0,5	7,4±0,2	4,2±0,1	1,2	0,9	0,5
Сенокос	0-10	17,7±1,1	16,2	58±4,1	14,2±0,9	12,2±0,8	0,9	0,8	0,7
	10-20	6,2±0,3	4,8	10±0,2	5,1±0,4	6,1±0,4	0,9	0,8	0,9

В почве пашни доминируют микроорганизмы, лучше усваивающие легкодоступные (минеральные) формы азота. Поэтому коэффициенты микробиологической минерализации (КАА/МПА) в почвах повторно распаханых залежей превышают единицу и колеблются от 1,1 до 1,4. Здесь же регистрируются самые низкие коэффициенты олиготрофности по элементам питания (ПА/МПА) и азоту (Эшби/МПА).

Микробные комплексы почв чистых залежей Ачинско-Боготольской лесостепи имеют параметры, сопоставимые с микробиоценозами почв Красноярской лесостепи.

Численность и соотношение основных ЭКТГМ в пашнях двух сравниваемых районов имеют близкие показатели и свидетельствуют о преобладании процессов микробиологической минерализации, снижении общей биогенности почв, уменьшении содержания азота, увеличении соотношения C:N. Промежуточное положение по микробным показателям имеют почвы сенокосных угодий. Численность микромицетов, олиготрофов, олигонитрофилов

здесь имеют величины, более характерные для залежных (целинных) почв, чем пахотных. Таким образом, наиболее высокой биогенностью характеризуются серые почвы залежей обоих районов исследования.

Глава 6 Агрофизические свойства серых почв при различном их использовании

6.1 Содержание и запасы общей влаги в почвах. Максимальные запасы продуктивной влаги зафиксированы в почвах залежей обоих районов исследования, что статистически подтверждается (табл. 5).

Таблица 5 – Запасы продуктивной влаги (мм) серых почв в слое 0-20 см

Годы исследований	Дата отбора	Лесостепь					
		Красноярская			Ачинско-Боготольская		
		залежь	пашня	сенокос	залежь	пашня	сенокос
2011	28.06.	26,3	21,4	24,9	31,9	26,5	28,3
	29.08.	62,7	57,8	50,1	57,3	53,4	56,6
2012	30.06..	13,7	6,0	2,8	21,7	9,9	10,8
	30.08.	28,4	23,8	22,3	42,6	36,2	36,2
2013	30.06.	13,2	12,3	10,5	28,0	23,0	23,8
	30.08.	44,9	26,8	27,8	54,5	31,8	24,4

Оценивая в среднем запасы продуктивной влаги за 2011-2013 гг., следует отметить, что запасы влаги в постагрогенных серых почвах Ачинско-Боготольской лесостепи существенно выше, чем в почвах Красноярской лесостепи, что определяет специфику почвенных процессов.

6.2 Структурное состояние почв Красноярской лесостепи. Структурному составу принадлежит важнейшая роль в формировании почвенного плодородия. По содержанию агрономически ценных фракций (АЦФ) постагрогенная серая почва залежи Красноярской лесостепи характеризуется как «отлично» оструктуренная в обоих слоях (рис.1).

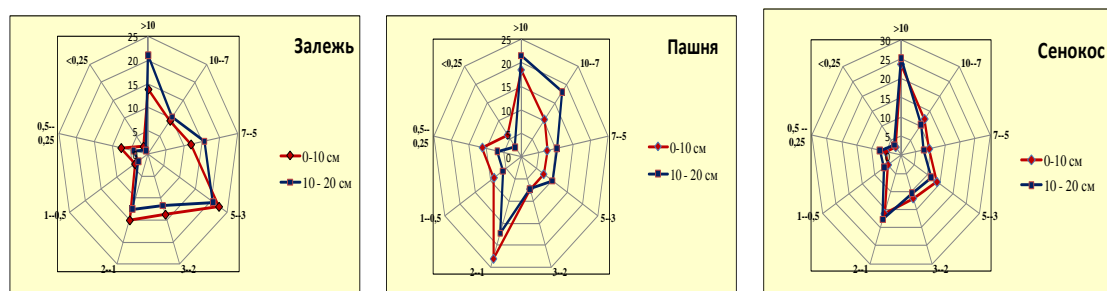


Рисунок 1 – Структурное состояние серых почв Красноярской лесостепи

Содержание АЦФ в слое почвы 0-10 см составляет 85,3% и в слое 10-20 см 78%. Здесь проявляется оструктурирующее воздействие на почву корневой системы трав. Структурное состояние в обоих слоях почвы пашни и сенокоса несколько хуже, но также оценивается как «отличное» (содержание АЦФ от 71,3% до 75,8%). Количество АЦФ уменьшается с глубиной в почве всех объектов исследования.

Самый высокий коэффициент структурности установлен в почве залежи. Он составляет 6,9. В почве пашни и сенокоса коэффициенты структурности значительно ниже. Пространственное варьирование структурного состава незначительное и среднее. В большинстве случаев изменения в структурном состоянии почвы Красноярской лесостепи достоверны в сравнении пары «залежь-пашня».

6.3 Структурное состояние почв Ачинско-Боготольской лесостепи. Структурное состояние серых почв всех объектов Ачинско-Боготольской лесостепи оценивается как от-

личное в обоих слоях (рис. 2). Содержание АЦФ составляет здесь 80,1-87,1%. Максимальное количество АЦФ отмечается на пашне (87,1%) в слое почвы 0-10 см. Коэффициент структурности почв Ачинско-Боготольской лесостепи существенно выше в сравнении с почвами Красноярской лесостепи.

Содержание агрономически ценных агрегатов варьирует в пространстве, как правило, с незначительной и средней степенью. В почвах пашни отмечено снижение коэффициентов пространственного варьирования при сравнении с залежью и сенокосом.

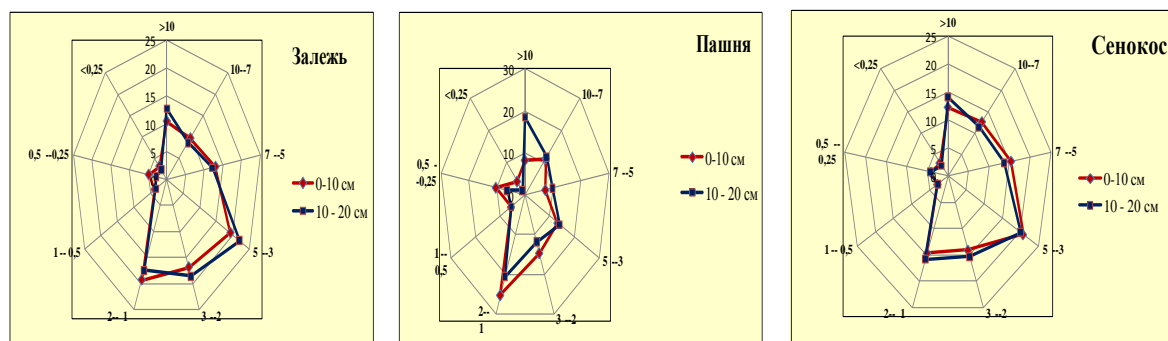


Рисунок 2 – Структурное состояние серых почв Ачинско-Боготольской лесостепи

Установлена высокая достоверность различий структурного состояния почв между объектами исследования, особенно в парах «залежь-пашня» и «пашня-сенокос». Не установлены достоверные различия при сравнении структурного состояния почвы залежи и сенокоса. Из 18 значений 3 являются достоверными.

6.4 Плотность сложения и пористость почв. В почве пашни, освоенной из-под залежи в Красноярской лесостепи, отмечается уплотнение по сравнению с залежью и сенокосом. Характерно уплотнение в слое 10-20 см по сравнению с вышележащим. При этом на залежи и сенокосе почва в слое 10-20 см характеризуется как «уплотненная», а на пашне – «сильно уплотненная». В Ачинско-Боготольской лесостепи почва залежи характеризуется как «свежевспаханная» в обоих слоях. На пашне более высокая плотность сложения установлена в слое почвы 10-20 см. Здесь она переходит в категорию «уплотненная». Почва сенокоса Ачинско-Боготольской лесостепи в обоих слоях также характеризуется как «уплотненная».

Наиболее оптимальными по пористости являются почвы залежей. В Красноярской лесостепи почвы залежи и сенокоса оцениваются по пористости как удовлетворительные, причем на залежи она несколько выше, чем на сенокосе. В Ачинско-Боготольской лесостепи в почвах всех объектов исследования общая пористость значительно выше, чем в почвах Красноярской лесостепи. В почве залежи общая пористость оценивается как отличная. В слое 0-10 см на пашне почва также отлично аэрируема. Здесь пористость составляет 55,7%. На сенокосе и пашне в слое 10-20 см общая пористость почвы ниже и оценивается как удовлетворительная.

Глава 7 Продуктивность фитоценозов серых почв объектов исследования

7.1 Запасы фитомассы и ее состав. Залежи, на которых проводились наши укосы, можно охарактеризовать как луговые степи, продуктивность фитомассы которых составляет от 0,92 до 7,16 т/га (табл. 6). В целом за 3 года исследования можно выявить схожую динамику продуктивности изучаемых фитоценозов. В большинстве случаев увеличение запасов надземной фитомассы зафиксировано во второй срок учета. На всех объектах отмечена наименьшая продуктивность фитоценозов в 2012 г., что объясняется сложными гидротермическими условиями, так как в июне-июле этого года на всей территории Красноярского края была засуха. Самые высокие запасы фитомассы зафиксированы на залежи в течение трех лет

исследования, что связано с более благоприятными условиями увлажнения, аэрации и наличием питательных веществ.

Продуктивность надземной травянистой биомассы на залежи Ачинско-Боготольской лесостепи несколько выше, чем в Красноярской, что связано с лучшими условиями увлажнения почв этой зоны. Формирующийся микрорельеф с западинами и небольшими повышениями способствует большему накоплению влаги. Задернованная поверхность снижает испарение влаги из почвы, улучшает развитие травостоя на залежи.

Таблица 6 – Фитомасса залежей лесостепной зоны Красноярского края при различном их использовании

Объекты исследо- вания	Стат. пара- метры	Сроки учета					
		28.06. 2011 г.	29.08. 2011 г.	30.06. 2012 г.	30.08. 2012 г.	30.06. 2013 г.	30.08. 2013 г.
Красноярская лесостепь							
Залежь	Мср	3,14	6,18	3,07	2,75	3,14	4,62
	Cv, %	23,2	34,9	19,8	16,7	35,3	30,0
	t _{факт}	t ₁ -t ₂ 4,9	t ₁ -t ₂ 4,8	t ₁ -t ₂ 8,2	t ₁ -t ₂ 2,5	t ₁ -t ₂ 1,7	-
Пашня	Мср	1,98	3,76	0,92	3,79	2,18	-
	Cv, %	7,9	2,8	20,4	20,3	25,0	-
	t _{факт}	t ₂ -t ₃ 6,4	t ₂ -t ₃ 2,4	t ₂ -t ₃ 2,3	t ₂ -t ₃ 4,3	t ₂ -t ₃ 0,9	-
Сенокос	Мср	3,02	4,42	1,86	2,08	2,48	2,54
	Cv, %	16,2	3,7	18,3	21,3	22,8	19,4
	t _{факт}	t ₁ -t ₃ 0,2	t ₁ -t ₃ 2,5	t ₁ -t ₃ 2,2	t ₁ -t ₃ 2,5	t ₁ -t ₃ 1,2	t ₁ -t ₃ 3,2
Ачинско-Боготольская лесостепь							
Залежь	Мср	3,29	6,52	3,27	3,58	4,24	7,16
	Cv, %	20,1	4,4	38,7	17,1	20,4	11,7
	t _{факт}	t ₁ -t ₂ 5,5	t ₁ -t ₂ 7,8	t ₁ -t ₂ 3,6	t ₁ -t ₂ 3,5	t ₁ -t ₂ 0,7	-
Пашня	Мср	2,11	3,96	1,0	2,3	3,80	-
	Cv, %	7,4	2,8	58,6	22,3	24,6	-
	t _{факт}	t ₂ -t ₃ 5,7	t ₂ -t ₃ 0,5	t ₂ -t ₃ 2,7	t ₂ -t ₃ 2,0	t ₂ -t ₃ 1,4	-
Сенокос	Мср	3,36	3,99	1,91	1,67	2,86	4,18
	Cv, %	8,6	3,4	23,2	26,4	38,2	21,8
	t _{факт}	t ₁ -t ₃ 0,3	t ₁ -t ₃ 8,0	t ₁ -t ₃ 2,3	t ₁ -t ₃ 5,6	t ₁ -t ₃ 1,8	t ₁ -t ₃ 5,5

В сравнении с 2012 г. продуктивность фитомассы на всех объектах исследования в 2013 г. существенно выше за счет оптимальных гидротермических условий этого года. Самые высокие запасы фитомассы отмечены на залежи в обоих районах исследования. В структуре травостоя залежей преобладает доля разнотравья, также присутствуют и злаковые виды. Разнотравье – это группа растений, сильно различающихся между собой по кормовому значению. Злаки широко распространены на кормовых угодьях во всех регионах, среди них практически нет ядовитых растений. По сравнению с другими растениями в обычных условиях в них содержится больше сахара. Доля фитомассы разнотравья при первом и втором укосах в Красноярской лесостепи практически в два раза выше, чем злаковых (рис. 3).

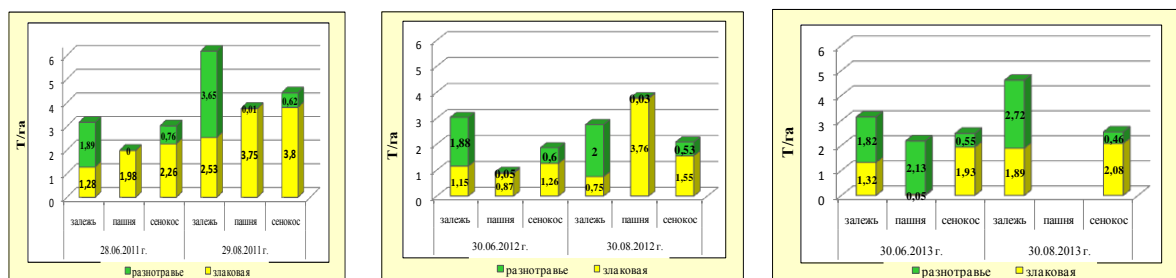


Рисунок 3 – Состав надземной фитомассы в объектах Красноярской лесостепи

При использовании залежей под сенокосы, особенно к концу вегетации (2 срок укоса), наряду с разнотравьем интенсивно развивается злаковый компонент (рис. 4).

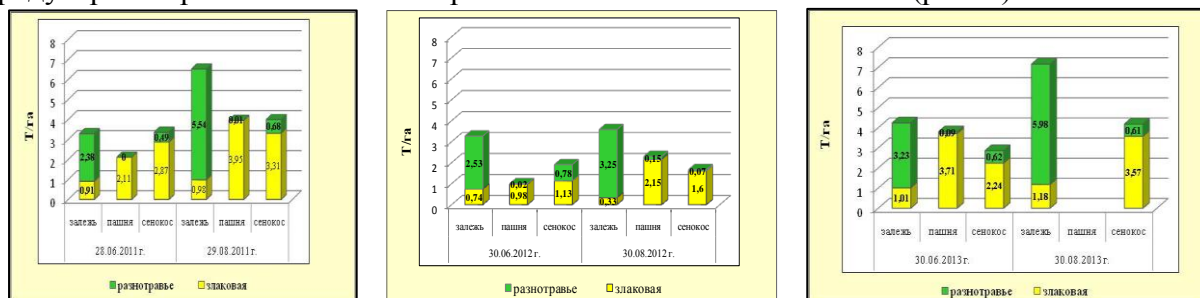


Рисунок 4 – Состав надземной фитомассы в объектах Ачинско-Боготольской лесостепи

На сенокосах, в связи с уплотнением почвы от работающей сеноуборочной техники, разнотравные виды растений начинают вытесняться злаковыми, что приводит здесь к большему проявлению дерновинной стадии сукцессии.

7.2 Корреляционная зависимость запасов фитомассы и свойств почв. Продуктивность фитоценозов всех объектов исследования в Красноярской лесостепи имеет выраженную положительную связь с показателями плодородия в слое 0-10 см по сравнению с нижележащим.

Таблица 7 – Корреляционная зависимость (r) запасов надземной фитомассы и свойств почв Красноярской лесостепи (2011 г.)

Показатели	Залежь		Пашня		Сенокос	
	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см
Гумус, %	0,75	0,37	0,76	0,40	0,53	-0,09
Нобщ., %	0,53	0,24	0,62	0,39	0,48	-0,12
Водорастворимый гумус, %	0,44	0,40	0,53	0,69	0,32	0,65
C:N	0,21	0,27	-0,44	0,14	0,13	-0,06
pH _{H2O}	0,32	0,14	0,20	0,34	0,46	0,41
pH _{KCl}	0,39	0,004	0,13	0,18	0,22	0,36
S, м-моль/100 г	0,42	0,12	0,43	0,56	0,34	0,50
N-NO ₃ , мг/кг	0,52	-0,47	0,33	0,52	0,15	-0,05
N-NH ₄ , мг/кг	0,34	-0,30	0,58	0,08	0,27	0,48
P ₂ O ₅ , мг/кг	0,33	-0,13	0,29	0,35	0,43	0,25
K ₂ O, мг/кг	0,42	-0,67	0,49	0,02	0,23	0,13
Влажность, %	0,70	0,62	0,48	0,42	0,46	0,54

В 2011 г. установлено, что продуктивность фитомассы исследуемых объектов коррелирует с большинством показателей плодородия слоя почвы 0-10 см в умеренной степени. На залежи и пашне выявлена тесная зависимость продуктивности с содержанием гумуса ($r=0,75-0,76$). На сенокосе запасы фитомассы коррелируют со всеми показателями в слабой или умеренной степени.

В 2012 г. в большинстве случаев зафиксирована положительная сильная и умеренная связь продуктивности фитомассы от агрохимических и физических свойств почв (табл. 8). Так запасы фитомассы на залежи находятся в сильной зависимости от содержания общего гумуса, водорастворимого гумуса, нитратного азота и плотности сложения в слое почвы 0-10 см ($r=0,77-0,89$).

На пашне зависимость несколько изменяется – выявлена тесная связь запасов фитомассы с показателями эффективного плодородия. Здесь продуктивность фитомассы в большей степени зависит от содержания нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, а также от влажности и плотности почв. На сенокосе тесная связь продуктивности фитомассы обнаруживается с содержанием аммонийного азота, что вполне закономерно, так как

обеспеченность нитратным азотом серых почв ниже. Установлена сильная корреляционная зависимость запасов фитомассы от содержания обменного калия, влажности и пористости почвы.

Таблица 8 – Корреляционная зависимость (г) запасов надземной фитомассы и свойств почв Красноярской лесостепи (2012 г.)

Показатели	Залежь		Пашня		Сенокос	
	0-10 см	20-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см
Гумус, %	0,80	0,47	0,50	-0,34	0,67	-0,29
Общ., %	0,68	0,51	0,60	0,80	0,64	-0,69
Водорастворимый гумус, %	0,85	0,51	0,73	0,51	0,85	-0,11
C:N	-0,04	0,46	0,27	-0,06	-0,19	0,5
pH _{H2O}	0,24	-0,43	0,53	0,72	0,63	0,75
pH _{KCl}	0,18	0,24	0,47	0,61	0,63	0,64
S, м-моль/100 г	0,68	0,32	0,51	-0,26	0,37	-0,79
N-NO ₃ , мг/кг	0,89	0,01	0,87	0,89	0,38	0,13
N-NH ₄ , мг/кг	0,42	-0,15	0,54	0,84	0,88	0,14
P ₂ O ₅ , мг/кг	0,03	-0,05	0,88	0,29	0,46	0,03
K ₂ O, мг/кг	0,30	0,50	0,82	0,34	0,93	-0,24
Влажность, %	0,69	-0,04	0,81	-0,43	0,89	0,81
Плотность, г/см	0,77	0,58	0,85	-0,95	0,56	0,92
АЦФ, %	0,61	-0,41	0,50	0,49	0,82	0,38
Пористость, %	0,68	0,67	0,31	-0,53	0,51	0,65

Продуктивность запасов фитомассы на залежи и сенокосе в меньшей степени коррелирует с показателя плодородия в слое 10-20 см почвы. Более выраженная связь продуктивности фитомассы с показателями плодородия в 2011 г., скорее всего, связана с более оптимальными погодными условиями в сравнении с засушливым 2012 г.

В оба года исследований продуктивность фитоценозов Ачинско-Боготольской лесостепи в большей степени тесно связана с показателями плодородия в слое почвы 0-10 см (табл. 9, 10).

Таблица 9 – Корреляционная зависимость (г) запасов надземной фитомассы и свойств почв Ачинско-Боготольской лесостепи (2011 г.)

Показатели	Залежь		Пашня		Сенокос	
	0-10 см	20-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см
Гумус, %	0,80	0,55	0,64	-0,33	0,74	-0,32
Общ., %	0,75	0,59	0,20	0,04	0,31	-0,23
Водорастворимый гумус, %	0,85	0,76	0,73	0,04	0,007	-0,22
C:N	0,19	-0,16	0,48	-0,25	0,43	-0,18
pH _{H2O}	0,68	0,76	0,18	-0,24	0,44	0,12
pH _{KCl}	0,39	0,62	0,15	-0,06	0,47	0,13
S, м-моль/100 г	0,38	0,12	0,37	-0,10	0,19	0,09
N-NO ₃ , мг/кг	0,77	0,76	0,77	-0,48	0,32	0,43
N-NH ₄ , мг/кг	0,25	0,14	0,47	-0,16	0,62	0,31
P ₂ O ₅ , мг/кг	0,48	-0,04	0,33	-0,18	0,36	-0,19
K ₂ O, мг/кг	0,26	-0,56	0,34	0,12	0,57	0,65
Влажность, %	0,79	0,46	0,34	0,34	0,86	0,67

В 2011 г. продуктивность фитомассы залежи Ачинско-Боготольской лесостепи тесно коррелирует с такими показателями почвенного плодородия как содержание гумуса, общего азота, водорастворимого гумуса, нитратного азота, а также влажностью почвы. На пашне сильная связь установлена лишь с содержанием нитратного азота. Продуктивность фитомас-

сы на сенокосе в слабой и средней степени коррелирует со всеми показателями плодородия в слое почвы 0-10 см.

Продуктивность залежей в 2012 г. находится в тесной зависимости с содержанием гумуса, общего азота, суммы обменных оснований, нитратного азота. Зафиксирована сильная зависимость с содержанием АЦФ и пористостью почвы в обоих слоях. Значения коэффициентов корреляции находятся в пределах 0,81-0,97. При установлении связи между продуктивностью фитомассы и показателями плодородия почвы на пашне получена тесная корреляционная связь с содержанием гумуса, нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия, а также влажностью почвы.

Таблица 10 – Корреляционная зависимость (г) запасов надземной фитомассы и свойств почв Ачинско-Боготольской лесостепи (2012 г.)

Показатели	Залежь		Пашня		Сенокос	
	0-10 см	20-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см
Гумус, %	0,87	0,96	0,59	0,07	0,53	-0,01
Общ., %	0,81	0,88	0,76	-0,31	0,50	-0,31
Водорастворимый гумус, %	0,29	0,03	0,58	-0,03	0,06	0,22
C:N	0,65	0,31	0,46	0,17	-0,37	-0,43
pH _{H2O}	0,63	0,61	0,44	0,48	0,34	-0,39
pH _{KCl}	0,55	0,42	0,12	0,33	0,15	-0,66
S, м-моль/100 г	0,82	0,1	0,57	0,38	0,41	0,63
N-NO ₃ , мг/кг	0,94	0,94	0,81	-0,25	0,38	0,08
N-NH ₄ , мг/кг	0,30	0,38	0,67	-0,05	0,91	-0,22
P ₂ O ₅ , мг/кг	0,43	-0,27	0,87	0,73	0,69	-0,49
K ₂ O, мг/кг	0,48	0,45	0,94	-0,40	0,86	-0,24
Влажность, %	0,52	-0,30	0,88	0,70	0,86	0,62
Плотность, г/см	0,67	0,18	0,66	0,18	0,82	0,29
АЦФ, %	0,97	-0,29	0,72	0,64	0,84	0,86
Пористость, %	0,83	0,68	0,48	0,01	0,53	0,44

Максимальные величины коэффициентов корреляции, свидетельствующие о сильной тесноте связи между запасами фитомассы и основными показателями эффективного плодородия, получены на сенокосе Ачинско-Боготольской лесостепи. Их величины составляют 0,91 с аммонийным азотом, 0,86 – с обменным калием, а с плотностью и пористостью почвы, соответственно, 0,82 и 0,84. Больше всего случаев с сильной и умеренной связью между продуктивностью фитоценозов и свойствами почв получены по массиву показателей потенциального плодородия.

Таким образом, продуктивность фитоценозов, формирующихся на постагрогенных серых почвах залежей при различном их использовании в лесостепной зоне Красноярского края, определяется, в первую очередь, комплексом показателей потенциального плодородия, во вторую – эффективного.

Выводы

1. Генетическое единство постагрогенных серых почв объектов исследования очевидно. Оно отражается в абсолютной идентичности морфологических признаков иллювиальных горизонтов и почвообразующей материнской породы. Различия проявляются только в серогумусовом горизонте верхней части профиля.

2. В почве залежи происходит оптимизация свойств почв при оставлении ее в чистом виде. Введение залежи в пашню достоверно снижает величины большинства показателей почвенного плодородия в слоях 0-10 и 10-20 см. Постагрогенные серые почвы Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепи, используемые под сенокосы, по комплексу свойств занимают среднее положение между почвами залежей и пашни.

3. Освоение залежей и их дальнейшее использование в пашне снижает в почве содержание гумуса, общего азота, аммонийного азота, подвижного фосфора и обменного калия. Одновременно усиливаются процессы минерализации органического вещества. Более высокие коэффициенты пространственного варьирования агрохимических свойств установлены в почвах залежей и сенокосов.

4. Для почв залежей обоих районов исследования характерна биогенная аккумуляция элементов и развитие дернового процесса. В почвах залежи статистически достоверно увеличивается содержание водорастворимого гумуса, повышается количество подвижного железа, что является свидетельством наличия элювиально-глеевых явлений.

5. Характерна меньшая численность бактерий и актиномицетов, мобилизующих минеральные формы азота в почвах залежей и сенокосов и увеличение их относительного содержания в почвах пашни, где активнее протекает микробиологическая минерализация органических соединений.

6. Максимальное содержание и запасы продуктивной влаги установлены в почвах залежей по сравнению с пашней и сенокосом в обоих районах. В течение трех лет исследований запасы влаги в почвах всех объектов Ачинско-Боготольской лесостепи, особенно на залежи, существенно выше.

7. В почвах залежей обоих районов исследования происходит оптимизация структурного состояния почв, плотности сложения и общей пористости, повышаются коэффициенты структурности. При освоении залежи в пашню зафиксировано уплотнение почвы, снижение коэффициента структурности. Пространственное варьирование структурного состава почв залежей и сенокосов выше, чем на пашне, особенно в слое 0-10 см.

8. Самые высокие запасы надземной фитомассы формируются на залежах в обоих районах исследования. В структуре травостоя залежей преобладает доля разнотравья по сравнению со злаковым компонентом. На сенокосах разнотравные виды вытесняются злаковыми, что свидетельствует о более сильном проявлении здесь дерновинной стадии сукцессии. Введение залежи в пашню и использование под сенокос снижает тесноту корреляционной связи надземной фитомассы с показателями потенциального плодородия и усиливает связь с эффективным плодородием.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Сорокина О.А. Почвенно-экологический подход при оценке возможности использования залежей при различных стадиях сукцессии / О.А. Сорокина, **А.Н. Рыбакова** // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2012. №5. С. 134-141.

2. Рыбакова А.Н. Оценка показателей плодородия постагрогенных серых почв залежей при различном их использовании / **А.Н. Рыбакова**, О.А. Сорокина // Плодородие. – 2013. № 6. С. 31-34.

3. Сорокина О.А. Трансформация некоторых физических свойств постагрогенных почв залежей при различном их использовании / О.А. Сорокина, **А.Н. Рыбакова** // Вестник Красноярского ГАУ. 2013. № 6. С.73-80.

Другие публикации

1. Рыбакова А.Н. Биогенные показатели плодородия почв залежей лесостепной зоны Красноярского края / А.Н. Рыбакова // Разнообразие почв и биоты северной и центральной Азии. Улан-Удэ. 2011. С. 117-119.

2. Рыбакова А.Н. Оценка структурного состояния серых почв, зарастающих залежей / **А.Н. Рыбакова** // Экологические альтернативы в сельском и лесном хозяйстве. –Красноярск. 2011. С. 9-14.

3. Рыбакова А.Н. Оценка обеспеченности элементами питания агросерых почв залежи и пашни, освоенной из-под пашни / **А.Н. Рыбакова** // Экология Южной Сибири и сопредельных стран. Абакан. 2011. С. 58-59.

4. Рыбакова А.Н. Влияние постагрогенного использования серых почв на агрохимические свойства в лесостепной зоне / А.Н. Рыбакова // Экологические альтернативы в сельском и лесном хозяйстве. Красноярск. 2012. С. 29-32.
5. Рыбакова А.Н. Показатели плодородия постагрогенных почв залежей при различном их использовании / А.Н. Рыбакова // Современные проблемы почвоведения и природопользования в Сибири. Томск. 2012. С. 297-308.
6. Рыбакова А.Н. Некоторые показатели плодородия постагрогенных серых почв залежей лесостепной зоны / А.Н. Рыбакова // Экология Южной Сибири и сопредельных стран. Абакан. 2012. С. 155-158.
7. Рыбакова А.Н. Оценка структурного состояния постагрогенных серых почв залежей при различном их использовании / А.Н. Рыбакова // Проблемы развития АПК Саяно-Алтая. Абакан. 2012. 20 с.
8. Рыбакова А.Н. Элементы питания в постагрогенных серых почвах залежей Красноярской лесостепи / А.Н. Рыбакова // Аграрная наука – сельскому хозяйству. Барнаул, 2013. С. 370-372.
9. Рыбакова А.Н. Биогенные показатели серых почв залежей лесостепной зоны при их различном использовании / **А.Н. Рыбакова**, О.А. Сорокина // Наука и образование: опыт, проблемы и перспективы развития. Красноярск. 2013. С. 155-158.
10. Рыбакова А.Н. Оценка продуктивности залежей по запасам фитомассы при различном их использовании / А.Н. Рыбакова // Экологические альтернативы в сельском и лесном хозяйстве. Красноярск. 2013. С. 36-37.