

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*На правах рукописи*

**РЫБАКОВА АННА НИКОЛАЕВНА**

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

03.02.13 – почвоведение

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Научный руководитель:  
доктор биологических наук,  
профессор О.А. Сорокина

Красноярск – 2016

## Оглавление

Введение	3
Глава 1 Теоретические и методологические аспекты постагрогенного развития почв	7
1.1 Понятие залежи и причины их образования	7
1.2 Трансформация свойств постагрогенных почв	10
1.3 Генетические особенности серых почв как объекта исследования	17
Глава 2 Физико-географический очерк районов исследования	22
2.1 Красноярская лесостепь	22
2.2 Ачинско-Боготольская лесостепь	28
Глава 3 Объекты и методы исследования	34
3.1 Характеристика объектов исследования	34
3.2 Методы исследования	41
Глава 4 Характеристика постагрогенных серых почв объектов исследования	44
4.1 Морфологическая характеристика почв	44
4.2 Физико-химическая характеристика почв	50
Глава 5 Трансформация плодородия серых почв при различном их использовании	55
5.1 Основные показатели потенциального плодородия почв Красноярской лесостепи	55
5.2 Основные показатели потенциального плодородия почв Ачинско-Боготольской лесостепи	64
5.3 Основные показатели эффективного плодородия серых почв лесостепной зоны Красноярского края	72
5.4 Биологическая активность постагрогенных серых почв	81
Глава 6 Агрофизические свойства серых почв при различном их использовании	86
6.1 Содержание и запасы общей влаги в почвах	86
6.2 Структурное состояние почв Красноярской лесостепи	92
6.3 Структурное состояние почв Ачинско-Боготольской лесостепи	98
6.4 Плотность сложения и пористость почв	101
Глава 7 Продуктивность фитоценозов серых почв объектов использования	106
7.1 Запасы фитомассы и ее состав	106
7.2 Корреляционная зависимость запасов фитомассы и свойств почв	113
Выводы	119
Список литературы	121
Приложение	139

## Введение

**Актуальность.** Данные об общей площади сельскохозяйственных угодий России разнятся в литературе от 167,6 млн. га [Агроэкологическое состояние и перспективы использования ..., 2008] до 194,4 млн. га [Рациональное использование земель ..., 2008]. Из них пашня занимает около 115-120 млн. га, а более 30 млн. гектаров – бывшие пашни, которые в настоящее время заброшены, переведены в залежные земли и постепенно застают кустарниками и рудеральными растениями [Добровольский, 2004].

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. и на будущее большое значение придается 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 [Каштанов и др., 2006].

В имеющихся научных исследованиях по теме диссертации установлено, что постагренические 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 постагренических 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 постагренических серых почв чистых залежей, а также залежей, вовлеченных в повторное сельскохозяйственное использование под пашню и сенокос;
- 2) оценить основные агрофизические свойства 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. Даны 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), XV1 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.

# Глава 1 Теоретические и методологические аспекты постагрогенного развития почв

## 1.1 Понятие залежи и причины их образования

Россия занимает первое место в мире по площади земель, находится в пятерке лидирующих стран по площади пашни и природным ресурсам, имея необходимые природные условия для обеспечения продовольственной безопасности страны. Однако по эффективности использования земельных ресурсов, по продуктивности пашни в 2-3 раза отстает от стран с сопоставимыми площадями (США, Китай) и от среднего мирового уровня [Хитров и др., 2008].

По опубликованным данным динамика увеличения общей площади выбывшей из оборота пашни (вынужденной залежи) нарастила от 15-20 млн. га в 2001 г. до 31,0-40,2 млн. га к 2008 г. [Захаренко, 2008]. 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]. Цена экономических потерь страны, связанная с выключением из оборота посевных площадей огромна [Захаренко, 2008].

В Красноярском крае за последние 10-15 лет из сельскохозяйственного оборота выбыло более миллиона гектаров пахотных земель. Резкий прирост залежей, как в России, так и в странах СНГ начался приблизительно с 1991-1992 годов и продолжается по настоящее время.

Понятие залежь уходит корнями в глубокую древность. В истории земледелия залежная или переложная система считалась самой ранней, и характерна она для степных районов, тогда как в лесных ей соответствовала огневая или лядная [Виленский, 1954].

В «Методических рекомендациях по выявлению массивов заброшенных пашен» [1990] дается анализ понятия «залежь» применительно к Нечерноземью:

«Залежь – пашня, зарастающая луговой, кустарниковой или древесной растительностью».

В «Толковом словаре по почвоведению» [1975] «залежь» трактуется как «не распахиваемый и не засеваемый участок земли, использовавшийся ранее для выращивания сельскохозяйственных культур». В классификации земельных угодий залежи выделяются в качестве самостоятельного вида сельскохозяйственных угодий [Справочное пособие землеустроителя, 1995]: «Сельскохозяйственные угодья – земельные угодья, систематически используемые для получения сельскохозяйственной продукции». В составе сельскохозяйственных угодий различают пашню, многолетние насаждения, залежь, сенокосы и пастбища. Залежь – земельный участок, который ранее использовался под пашню и более года, начиная с осени, не используется для посевов сельскохозяйственных культур и не подготовлен под пар.

В советское время в категорию залежей переводили в основном земли, непригодные для использования в сельскохозяйственном обороте. Как правило, это переувлажненные, засоленные, кислые, эродированные и эрозионно-опасные массивы и участки.

Если пашня не обрабатывается более одного года, то она переходит в залежное состояние, при этом происходит восстановление биоразнообразия естественным путем. Процесс многолетней смены растительного покрова на залежных участках принято называть – «зацелинение залежи».

По каким же причинам пашни забрасывают, и происходит сокращение посевных площадей? По мнению Н.Б. Хитрова с соавт. [2008] наиболее отчетливо выделяются три основные причины: экономические, социальные и экологические.

Экономические причины являются важнейшими при выводе почв из пашни. Резкое сокращение посевных площадей в период 1985-2001 гг., в первую очередь, связано с острым недостатком сельскохозяйственной техники. В этот период количество тракторов снизилось в 1,9 раза, комбайнов (различного назначения) в 2,2-4,0 раза. Приобретение хозяйственной техники (тракторов, комбайнов) уменьшилось в 15-20 раз, грузовых автомобилей в 70 раз.

Экологические причины вывода земель из сельскохозяйственного оборота выступают дифференцирующим фактором на фоне экономического спада производства. В первую очередь забрасывают те земли, которые требуют больше материальных затрат в связи с их низким естественным плодородием или деградацией (эрозией, заболачиванием, засолением, загрязнением и т.д.). В результате вывод из оборота земель происходит мозаично в соответствии с местными особенностями территории [Хитров и др., 2008].

К экологическим причинам исключения пашни из использования относятся деградация и загрязнение почв, а также дисбаланс угодий. Основными причинами деградации почв являются массовые вырубки лесов, бессистемная распашка земель на больших территориях, применение способов обработки почвы без учета рельефа местности, физического состояния почвы, чрезмерного уплотняющего воздействия, игнорирование основных законов земледелия – «возврата веществ», резкое сокращение травосеяния, упрощения технологий возделывания культур, нарушение севооборота и т.д. [Штикане, 1988].

Снижение площади пахотных земель помимо экономического и экологического ущерба серьезным образом усложняет и социальную обстановку. За время реформ практически перестало существовать свыше 3 тыс. сельхозпредприятий. Лишенные рабочих мест люди вынуждены уезжать из сельской местности. По данным Э. Л. Аронова с соавт. [2005], за 15 лет с карты России исчезло 15 тыс. сел и деревень.

Не может не настороживать и тот факт, что выведенные из сельскохозяйственного оборота плодородные земли начинают активно скупать граждане иностранных государств. В.И. Леонов [2007] привел данные о том, что в Пензенской области порядка 12 тыс. га выкуплено английскими фермерами. Необрабатываемые сельскохозяйственные угодья Дальнего Востока активно осваиваются китайскими и корейскими переселенцами. При этом методы их работы, в особенности химическими средствами, недопустимы и приводят к ухудшению экологической ситуации.

Таким образом, повторное освоение залежных земель имеет экономическое и вместе с тем социально-политическое значение.

## **1.2 Трансформация свойств постагрогенных почв**

Изучение залежных земель имеет как теоретический, так и практический интерес. Теоретическая значимость заключается в установлении закономерностей эволюции почв и почвенного покрова в современных условиях, изучении восстановительного потенциала различных ландшафтных зон. Важным практическим аспектом в проблеме залежных почв является изучение естественного восстановления плодородия антропогенно измененных и деградированных почв.

Главная сложность в исследовании экологического состояния почвы и выявлении закономерностей его изменения во времени заключается в чрезвычайной гетерогенности почвы и пространственной пестроте свойств не только крупных территорий, но и в пределах такой элементарной единицы землепользования, как пахотное поле. Усиление этих признаков наблюдается, как правило, на территориях с выраженным микро- и мезорельефом [Овчинникова и др., 2013].

В современных агроландшафтах залежи выполняют гигиеническую (фильтраторную) функцию, выступают в роли восстановителей почв и их защитников от эрозии, а также нормализуют водный режим и повышают общую стабильность территории [Bouma, 1997].

Поскольку в настоящее время отсутствует государственный контроль за состоянием земельных угодий, представление об агроэкологическом состоянии земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота в разное время, можно составить только в самом общем виде на основе выборочных исследований, выполненных научными сотрудниками разных учреждений (Институт географии РАН, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Россельхозакадемия).

Растительный покров играет решающую роль в формировании ассоциаций почвенных микроорганизмов, в результате жизнедеятельности которых одновременно происходят разнообразные, порой разнонаправленные процессы, а плодородие почвы является равнодействующей этих процессов. В естественных экосистемах, находящихся в состоянии гомеостаза, все процессы более или менее сбалансираны и сдвинуты в сторону постепенного накопления почвенного плодородия. В агроэкосистемах это равновесие в подавляющем большинстве своем нарушено. Имеются данные о том, что в агроэкосистемах изменения почвенной микрофлоры начинаются уже после первого года воздействия культурных растений данного вида, но наиболее отчетливо обнаруживаются при длительном бессменном возделывании [Beck, 1990].

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. Явление самовосстановления почв известно давно. Оно многократно происходило при подсечно-огневом, переложном, залежном земледелии [Анциферова, 2005].

Оценку трансформации почв залежей необходимо проводить по основным свойствам: биологическим, морфологическим, физическим, физико-химическим, химическим.

С самых ранних периодов культуры растений человек сразу столкнулся с неизбежным процессом утраты почвой ее плодородия [Вильямс, 1949; Костычев, 1951]. Самый древний способ борьбы с этим явлением, состоял в том, что участок пашни забрасывали, т.е. переводили его в залежь. Авторы отмечают, что «после более или менее длинного ряда лет» пребывания под дикорастущей растительностью эти участки по своему плодородию мало отличались от целинных земель. Срок залежи зависел от естественного плодородия почвы и наличия земель. На черноземных почвах после 4-5 лет возделывания следовали 6-

10 лет перелога. На почвах с низким естественным плодородием этот период продолжался до 20-25 лет. Чем дольше почва была в состоянии перелога, тем полнее восстанавливалось ее плодородие, и тем ближе оказывалась растительность таких участков по своему составу к флоре целинных степей. После новой распашки «отдохнувшие участки» давали урожаи, не отличавшиеся по своей величине и качеству урожаю по «целине». В.Р. Вильямс [1951] связывал восстановление плодородия почвы с восстановлением ее структуры.

При распашке целинных и залежных земель, прежде всего, изменяются количественные и качественные характеристики биоценоза. Уничтожается многолетняя многокомпонентная растительность с многоярусной корневой системой, которая вегетирует весь теплый период года, и заменяется растительностью однолетней монокомпонентной, с одноярусной корневой системой и более коротким периодом вегетации.

Пахотные участки в период основной обработки и после уборки урожая почти полностью лишены растительности и в этот период почвы переходят в биологически открытую экологическую систему. Связи и взаимодействия почвы с другими компонентами биогеоценоза становятся не опосредованными (через растительность), а прямыми. Поэтому пахотные почвы, имеющие нерегулярный растительный покров, в большей степени подвергаются влиянию климатических и других факторов по сравнению с залежью, покрытой постоянной растительной оболочкой [Адрихин, 1964, Щеглов, 1999].

По мнению ряда авторов [Иванов, 1954; Семенова-Тянь-Шанская, 1953; Камышев, 1956; Шуровенков, 1956] пахота является таким мощным средством воздействия на растительность, что вряд ли можно ставить знак равенства между целинной степью и вторичной целиной, образовавшейся в результате «зацелинения» залежи. Е.М. Лавренко [1940] распашку целинного покрова и связанное с ней дальнейшее развитие растительности причисляет к катастрофическим сменам, когда в результате оборота пласта полностью уничтожается существовавший здесь ранее травостой.

П.А. Костычев [1951] отмечал, что механическое строение на распаханных залежах отличалось от строения старой пашни. На четвертый-шестой год использования распаханной залежи отличий не наблюдалось. Кроме того, со второго года использования начинают поселяться сорные травы, которые на залежи растут между кустами ковыля, типца и тонконога. Эти факты приводили к снижению урожаев. Краткосрочные залежи, по мнению П.А. Костычева [1951], не достигают цели, так как после их распашки поля сильно застают сорняками. Каждая последующая вспашка вносит нечто новое в формирование растительного покрова, уничтожая одни виды растений и содействуя расселению других.

После оставления поля в залежь при неглубокой обработке оно сразу покрывается сплошным ковром пырея, минуя бурьянистую стадию. В.В. Иванов [1954] отмечал, что в XIX веке, в связи с экстенсивной обработкой почвы, такой переход был почти повсеместным явлением, и получаемые пырейные перелоги высоко ценились, как превосходные сенокосы.

Наиболее сильное влияние на структуру почвы оказывает многолетняя травянистая растительность. Она обладает сильноразветвленной корневой системой, которая механически уплотняет почву, разделяет ее на комки, а также участвует в образовании гумуса [Заборцев, 1974].

Н.Л. Кураченко и М.В. Бабаев [2008] в Красноярской лесостепи установили, что нахождение чернозема в залежном состоянии в течение 30 лет привело к восстановлению качества структуры на уровне целинного аналога.

В условиях залежного режима под воздействием травянистой растительности структурное состояние почвы улучшается [Каштанов и др., 2006].

Естественная эволюция почв, перешедших в залежное состояние после выведения из режима пашни, определяется сукцессионной сменой растительности в зависимости от экспозиции склона, местоположения в рельефе и зависит только от природных факторов почвообразования.

В залежных почвах Центрального Черноземья установлены изменения морфологического строения по сравнению с пахотными почвами. В отличие от старопахотных земель 20-25-летние залежи с плотнокустовой злаковой

растительностью имеют дерновый слой до 6-7 см. Выявлено изменение структуры в верхнем слое почвы: на залежи она комковато-мелкозернистая, а на пашне – крупнозернисто-комковато-порошистая.

Почвы на черноземных залежах обладают более высоким уровнем плодородия, чем прилегающие к ним пахотные почвы [Васильев, 2011].

Ю.Р. Юсуповой, Е.В. Ваничевой, А.Г. Фазыловым [2012] установлено, что происходит дифференциация старопахотного горизонта светло-серой почвы под влиянием многолетней залежи. Ими выявлена дифференциация горизонта  $A_{старопах}$ , проявляющаяся уже на уровне изменения плотности естественного сложения почвенного материала. С.А. Каземиров [2007], оценивая трансформацию физических, водно-физических свойств почвы в процессе постантропогенного использования пашни, выявил, что перевод пашни в залежное состояние приводит к оптимизации физических свойств (гранулометрического состава) почвы. Однако даже за 55-летний срок нахождения пашни в залежном состоянии почва не сформировала естественный гранулометрический состав, которым обладает целинный аналог.

По мнению Е.Н. Мишустина [1941] агрегирование почвы может происходить под влиянием различных микроорганизмов, как за счет сцепляющей силы грибного мицелия, так и путем склеивания почвенных частиц слизистыми веществами, вырабатываемыми бактериями. По данным Р. Тейт [1991], в естественных почвах за счет специфической микрофлоры и хорошо развитой корневой системы растительности образование агрегатов идет наиболее интенсивно и микробная масса, особенно грибной мицелий, может рассматриваться как ячеистая структура, в которой тонкие почвенные частицы улавливают и формируют зернистую структуру.

При зарастании перелогов и залежей отмечается заметное накопление общего органического вещества в почве [Вильямс, 1951; Громыко и др., 1961; Rnops Jphannes, Tilman, 2000], в основном за счет негумифицированной его части. Это происходит в результате увеличения биомассы формирующихся фитоценозов.

Наряду с активизацией дернового процесса в залежных почвах увеличивается содержание свежего органического вещества и биомассы микроорганизмов. Г.Н. Черкасов и Н.П. Матюсенко [2008] выявили, что в черноземе типичном содержание негумифицированного органического вещества в верхнем слое на 14-летней залежи превышает таковое на пашне в 2,8 раза, а на 24-летней залежи — в 4,4 раза. Содержание микробной биомассы в черноземе типичном на залежи выше, чем на пашне в слое 0-6 см в 3,7 раза, в слое 7-25 см — в 2, в слое 25-50 см — в 1,6 раза. Однако ниже по профилю почвы различия незначительны. Д.И. Еремин [2012] установил, что пятилетняя залежь восстанавливает негативные изменения физико-химических свойств старопахотного чернозема, появившиеся за 25 лет использования его под пашней. По мнению этого автора, восстановление физико-химических свойств почвы до уровня целины происходит в течение 15 лет нахождения старопахотных черноземов под залежью.

Исследованиями Н.П. Сорокиной с соавт. [2011] при изучении постагротехнической трансформации дерново-подзолистых почв в разновозрастных залежах установлено, что увеличение содержания и запасов гумуса в верхней части профиля залежных почв 10-50-летнего возраста и высокая зоогенность этих почв приводит к улучшению их структурного состояния. Прекращение антропогенного воздействия и зарастание пахотных почв естественной растительностью существенно отражаются на улучшении гумусного состояния. Активизация дернового процесса, увеличение в залежных почвах свежего органического вещества, повышение содержания гумуса, лабильных гумусовых веществ и микробной биомассы способствуют улучшению структурно-агрегатного состояния залежных почв по сравнению с пахотными, что приводит к повышению их противоэрозионной устойчивости [Черкасов, Матюсенко, 2008].

И.В. Кузнецова, П.И. Тихонравова, А.Г. Бондарев [2009] считают, что в результате 8-10-летнего залежного состояния повышается содержание органического вещества, подвижных форм фосфора и калия; значительно увеличивается содержание корней, повышается биологическая активность почвы,

отмечается улучшение структурного состояния этого слоя, уменьшается его плотность.

Гумусонакопление в серых почвах залежей происходит, прежде всего, за счет формирования грубого (детритного) органического вещества, и характер его пространственного распределения связан с микропестротой залежной растительности в начальный период зарастания пашни и сукцессий растительного покрова [Ганиятуллин и др., 2012]. В залежных почвах большая масса поступающих растительных остатков способствует развитию черноземного процесса и накоплению гумуса. В степи через 8 лет восстановление содержание гумуса сравнимо с целиной [Коробова, Кузнецова, 2004].

Изменение видового состава растительности при освоении и земледельческом использовании почв, равно как и при отмене агротехнических приемов на участках залежи, оказывает существенное влияние на изменение биологической активности в ряду «лес – пашня – залежь» [Абрамян, 1992]. Данные, полученные Н.В. Поляковой с соавт. [2010], указывают на максимальную ферментативность почв участков залежи при сравнении с пашней и лесом, а также верхних слоев почвенного профиля [Паринкина, 1995].

Исследованиями В.В. Розанова, В.П. Белоброва, И.В. Замотаева [2008] установлено, что по содержанию гумуса лесные и залежные дерново-подзолистые почвы междуречья Вори и Угры резко отличаются друг от друга. Залежные почвы содержат в среднем 2,53%, что для песчано-супесчаных почв, на фоне достаточно мощной прогумусированной толщи, можно рассматривать как среднее и даже высокое. В почвах под лесом содержание гумуса в 1,5-2 раза выше, среднее значение составляет 4,3%. Авторы отмечают, что большинство так называемых естественных или лесных почв в прошлом, в той или иной мере и с большей долей вероятности, распахивали. На это указывает ровная граница горизонта  $A_1$ , маркирующая плужную подошву в исследованных ими почвах под лесом.

Характерно, что в большинстве случаев почвы залежей, застраивающих лесом, по сравнению с почвами чистых залежей характеризуются более кислой

реакцией и увеличением содержания гумуса в верхних слоях серой почвы [Сорокина, 2008; Токавчук, Сорокина, 2009].

А.С. Владыченский и В.М. Телеснина [2011] при изучении влияния постагротенной сукцессии на некоторые свойства почв в условиях Костромской области установили повышение кислотности почв, возрастание содержания и запасов гумуса в старопахотной толще.

### **1.3 Генетические особенности серых почв как объекта исследования**

Серые почвы сформировались в Сибири под мелколиственными и лиственничными лесами. Они представляют самостоятельный генетический тип почв. В их профиле обнаруживаются признаки как подзолистого, так и дернового процессов. Серые почвы широко распространены, преимущественно, в северной части лесостепной зоны. Все они в той или иной степени оподзолены. От дерново-подзолистых серые почвы отличаются более сильным развитием гумусового горизонта. Степень развития гумусового горизонта и степень их оподзоленности, как правило, находятся в обратной зависимости [Роде, 1984].

Как указывает ряд авторов [Макеев, 1959; Кузьмин, Хисматуллин, 1968; Хисматуллин, 1970] большая часть серых почв сформировалась из подзолистых в результате антропогенного воздействия, приводящего к изреживанию лесов, усилинию роли мелколиственных пород и роли травянистой растительности и, даже, к полному уничтожению лесной растительности. В других случаях, по мнению О.В. Макеева [1959] и Б.В. Надеждина [1957], эти почвы являются первичными и образуются в результате развития первоначального дернового процесса, на который в дальнейшем наложился подзолистый, поэтому они относятся к серым лесным, по современной классификации серым [Классификация и диагностика.., 2004].

Свойства серых почв, вследствие значительной протяженности территории Сибири, чрезвычайного разнообразия ландшафтов, геологических и

почвообразующих пород, гранулометрического и минералогического состава весьма разнообразны [Будина, Семина, 1962; Ерохина, Кириллов, 1962].

Серые почвы по морфологическим признакам проявления подзолистого и дернового процессов, а также по свойствам занимают промежуточное положение между светло-серыми и темно-серыми почвами. По сравнению со светло-серыми почвами подзолистый процесс у них ослаблен, а дерновый не достиг еще той интенсивности, которая характерна для темно-серых почв.

В горизонте  $A_1$  они имеет равномерную серую окраску и комковатую, но непрочную структуру. Ниже залегает горизонт  $A_1A_2$  или горизонт  $A_2B$ . Горизонт  $A_1A_2$ , в отличие от аналогичного горизонта светло-серых почв, прокрашен гумусом, имеет ореховатую структуру с заметно выраженной кремнеземистой присыпкой. Он постепенно переходит в горизонт  $A_2B$  коричнево-серого цвета с четко выраженной ореховатой структурой и кремнеземистой присыпкой. Иллювиальный горизонт  $B$  серых почв окрашен в бурый цвет, в верхней части он имеет крупноореховатую структуру, которая книзу переходит в призматическую. По граням отдельностей развиты гумусовые примазки и кремнеземистая присыпка, постепенно исчезающая к горизонту породы ( $C$ ). На глубине около 150 см залегают карбонаты в виде журавчиков, трубочек и мицелия [Фатьянов, Тайчинов, 1972].

По утверждениям ряда исследователей, генезис серых почв Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепи достаточно сложен и проблематичен [Лебедева, Семина, 1974]. Довольно подробно генезис серых почв, развитых на коричнево-бурых и бурых глинах, рассмотрен в работах С.А. Коляго [1953, 1971].

Серые почвы Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепей развиваются на водораздельных поверхностях под сосново-березовыми лесами с богатым разнотравьем в почвенном покрове на четвертичных отложениях. Они представлены тремя генетическими подтипами с нарастающей степенью дифференцированности профиля. Более высокие расчлененные поверхности заняты сильнооподзоленными почвами, а нижние части склонов и слабодренированные водоразделы – слабооподзоленными серыми почвами. На

правах особого рода в типе серых почв Красноярской лесостепи выделяются почвы, развитые на коричнево-бурых глинах [Семина, 1974; Бугаков и др., 1981].

Как отмечено в работе И.И. Лебедевой и Е.В. Семиной [1974], наиболее характерным отличием серых почв Красноярской лесостепи от европейских аналогов является слабая подвижность гуминовых кислот, о чем свидетельствует незначительная прокрашенность гумусовыми веществами почвенных горизонтов. Однако, в целом серые почвы Красноярской лесостепи характеризуются довольно высоким содержанием гумуса, которое колеблется в верхних горизонтах в пределах 6-12%. Это подтверждает и статистическая обработка данных, проведенная П.С. Бугаковым [1964].

По данным Е.В. Семиной [1974] гумус серых почв имеет свойства, характерные, как для дернового, так и для подзолистого процесса. Эти почвы имеют высокую емкость поглощения, слабокислую реакцию среды, особенно на пахотных участках. К таким же выводам пришла в своих работах Е.С. Кускова [1971]. Содержание гумуса резко снижается вниз по профилю и в нижней части гумусового горизонта (даже в темно-серой почве) может составлять около 2%. По содержанию гумуса исключение представляют серые почвы, развитые на коричнево-бурых глинах. Гумуса в них содержится 3-6%, что видно из исследований Е.С. Кусковой [1971]. Эти почвы также содержат мало общего азота.

П.С. Бугаков и В.В. Чупрова [1970] приводят запасы гумуса в серых почвах Красноярской лесостепи. По этим данным они составляют в слое 0-50 см 170-185 т/га, в темно-серых почвах их сосредоточено около 215 т/га. Запасы азота равняются, соответственно, 8-13 и 14-18 т/га.

В целом для серых почв лесостепной зоны Красноярского края характерен процесс интенсивной аккумуляции гумуса. Повышенное содержание гумуса в верхнем горизонте является отличительной особенностью серых почв островных лесостепей по сравнению с подобными почвами европейской части России. Здесь повышенная степень гумусированности почв объясняется спецификой биоклиматических условий. Низкие температуры поздно оттаивающего почво-

грунта приводят к сосредоточению корней и биологических процессов лишь в верхних слоях. Процессы разложения растительных остатков и новообразования гумусовых веществ в почвах протекают в течение короткого времени довольно интенсивной биологической деятельности (май-июнь). Этот цикл сменяется длительным периодом спада биохимической активности. Такие условия обеспечивают гумификацию растительных остатков, но недостаточны для усиленной минерализации органического вещества. Новообразованные гумусовые вещества конденсируются, увеличивая содержание гумуса в почве [Бугаков, Чупрова, 1975].

По данным валового состава прослеживается дифференциация профиля серых почв [Семина, 1961]. В аккумулятивном и иллювиальном горизонтах заметно относительное накопление оксида кремния и обеднение полуторными оксидами. В верхних горизонтах наблюдается накопление кальция, магния и фосфора, связанное с биологическими процессами аккумуляции. Иллювиальному горизонту присуще накопление полуторных оксидов, что обуславливает хорошо выраженный на поверхности агрегатов темно-коричневый глянец. Здесь же порой обнаруживается натечные формы подвижной глины в виде налета.

Особенностью термического режима серых почв, как и черноземов лесостепной зоны, является их глубокое промерзание, медленное оттаивание и длительное сохранение мерзлоты. По классификации В.Н. Димо [1972], эти почвы относятся к типу длительно-сезонномерзлотных. Глубина промерзания колеблется от 1 до 2,5 м. Начало устойчивого промерзания почвы в условиях Красноярской лесостепи отмечается в конце третьей декады октября или в начале первой декады ноября и зависит от температуры воздуха. Промерзание почв начинается до выпадения снега. Основное влияние длительного промерзания сказывается в физическом раздроблении твердой фазы, коагуляции и денатурации коллоидно-растворенных и аморфных соединений, реакции восстановления полуторных оксидов. В условиях продолжительного периода с отрицательными температурами в почвенном профиле ослабляется нисходящее передвижение влаги,

укорачивается период с интенсивными биохимическими процессами, замедляются темпы биологического круговорота веществ [Бугаков и др., 1979].

Э.П. Попова [1979] приводит показатели биологической активности серых почв Красноярской лесостепи. По данным автора в почве под лесом не было обнаружено даже следов нитратного азота. Присутствие же аммонийного азота было отмечено во все сроки наблюдений. Слабая нитрификационная способность серых почв связана не только с понижением содержания гумуса и валового азота, но и с уменьшением степени насыщенности основаниями, повышенной кислотностью и с составом обменных катионов в целинных серых почвах [Лубите, 1969; Попова, Лубите, 1975].

При сельскохозяйственном освоении серых почв Красноярской лесостепи содержание обменного калия в них увеличивается. Подвижность калия в них в 1,5-2 раза выше, чем в черноземе [Горбачева, 1975].

Таким образом, помимо общих свойств и признаков, характерных для всего типа серых почв, почвы Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепи имеют ряд особенностей: довольно богаты гумусом, сильно выщелочены, слабо оподзолены, им свойственны процессы оглеения, связанные с длительным сохранением мерзлоты. В целом данные почвы отличаются невысоким естественным плодородием.

Обзор научной литературы по теме исследования свидетельствует, что проблема изучения свойств серых почв при различном направлении их использования не достаточно полно изучена, особенно в Сибирском регионе, и требует дальнейших исследований.

## Глава 2 Физико-географический очерк районов исследования

Исследования проводились в пределах двух ландшафтных зон Приенисейской Сибири: Красноярской (Емельяновский район) и Ачинско-Боготольской (Козульский район) лесостепях. Эти лесостепи расположены примерно на одних широтах, поэтому характеризуются сравнительно близкими гидротермическими условиями.

### 2.1 Красноярская лесостепь

По природному районированию М.В. Кириллова [1970] Красноярская лесостепь относится к Красноярскому округу Красноярско-Канской провинции Средне-Сибирской зоны подтайги и островных лесостепей.

Красноярская лесостепь является одной из «островных» лесостепей южной зоны земледельческой части Красноярского края, занимая 504 тыс. га [Топтыгин и др., 2002]. Она представляет собой пологоувалистую, местами крупноувалистую, денудационную равнину со сложным строением рельефа, многообразием его форм, обусловленных геологической историей [Брицина и др., 1962].

Формирование рельефа Красноярской лесостепи определяется общим развитием Саянской горной системы и новейшими тектоническими движениями [Вередченко, 1961]. Степень расчленения поверхности неодинаковая. На основной части территории, рельеф характеризуется более мягкими очертаниями и представляет чередование узких и широких плоских увалов [Галахов, 1962].

Для современного рельефа Красноярской лесостепи характерна асимметрия долин и междуречий. Поверхность ее расчленена на плоские увалы и плосковершинные холмы, имея заметно выраженный микрорельеф. Почти повсеместно распространен западинно-буристый мезо- и микрорельеф. Происхождение этого типа рельефа объясняется по-разному: как продукт эолового процесса, как следствие морозного пучения, как термокарст и как обычный результат суффозионных процессов.

В геоморфологическом отношении данная территория представляет холмисто-увалистую аккумулятивную, местами денудационно-аккумулятивную, равнину. В формировании современного рельефа Красноярской лесостепи основное значение имели неотектонические движения, литолого-структурные особенности территории, эрозионно-денудационные и аккумулятивные процессы. С ними связано и большое разнообразие почвообразующих пород [Будина, Вишневская, 1962].

Красноярская лесостепь сложена девонскими, меловыми и юрскими породами, перекрытыми четвертичными отложениями [Брицина, 1962]. Ю.П. Вередченко [1961] для этого природного округа выделяет следующие основные почвообразующие породы:

- палево-бурые лессовидные суглинки и глины;
- светло-бурые иловато-пылеватые суглинки и глины;
- темно-бурые пылевато-иловатые тяжелые суглинки и глины;
- красно-бурые и коричнево-бурые делювиальные глины с наличием гальки;
- песчано-галечниковые и супесчаные аллювиальные и пролювиальные отложения.

Коричнево-бурые и красно-бурые делювиальные суглинки и глины приурочены к юго-западной и южной частям лесостепи. Они содержат большое количество валового железа (до 18%), которое придает породам, соответственно и почвам, коричневый или красноватый оттенок [Коляго, 1953]. Эти породы имеют в Красноярской лесостепи небольшое распространение и занимают самые высокие гипсометрические уровни (вершины и верхние точки трети склонов увалов) коренной водораздельной поверхности [Лебедева, Семина, 1974]. Особенностью гранулометрического состава красно-бурых и коричнево-бурых глин и суглинков является наличие в них гальки различного размера и заметная опесчаненность. В составе ила преобладают минералы монтмориллонитовой и гидрослюдистой группы с небольшой примесью минералов каолинитовой группы. Присутствие минералов монтмориллонитовой группы, высокодисперсных и

гидрофильных, объясняет плотное сложение этих пород и большую влагоемкость [Бугаков, Чупрова, 1995].

В целом следует отметить, что геоморфологические особенности Красноярской лесостепи благоприятны для использования этой территории в пашне. Неблагоприятной особенностью, уменьшающей интенсивность использования территории, является наличие холмистого рельефа в южной части лесостепи и большого количества склоновых земель, наиболее легко подвергающихся плоскостному смыву и ветровой эрозии [Топтыгин, Крупкин, Пахтаев, 2002].

Гидрографическая сеть Красноярского геоморфологического округа тяготеет к р. Енисей. По его территории протекает много левых притоков этой реки. Однако они все маловодные, мелкие, часто с заболоченными узкими поймами. К таким речкам относятся Кача, Бузим, Шилинка, Муртушка и др. Наиболее крупным левым притоком Енисея является река Кемь.

Основные климатические показатели представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Климатические показатели Красноярской лесостепи

Сред- няя температура июля, °C	Средняя температура января, °C	Средне- годовая температура, °C	Коэффи- циент номи- нального климата по Н.И. Иванову	Сумма дней с температурой более 0°C	Сумма дней с температурой более 10°C	Сумма температур более 10°C	ГТК
+19,4	-18- -23	+1,0	233	180	105	1539	1,1

Климатические условия отдельных частей Красноярской лесостепи различаются незначительно [Кириллов, 1970]. Климат района резко континентальный. По теплообеспеченности на территории Красноярской лесостепи выделяются три района: прохладный с суммами температур 1400-1600<sup>0</sup> (севернее Большой Мурты), умеренно-прохладный с суммами температур 1600-1800<sup>0</sup> (от Большой Мурты до Сухобузимского) и недостаточно теплый район

(сумма температур 1800-2000<sup>0</sup>) - к северу от Красноярска до линии Емельяново-Сухобузимское [Бахтин, Орловский, 1971]. Описываемая территория относится к подрайону достаточного (ГТК=1,1) увлажнения. Среднемноголетняя сумма осадков составляет 350-450 мм. Выпадают они, преимущественно, в теплый период года [Агроклиматический справочник по Красноярскому краю и Тувинской АО, 1961]. Недостаток влаги растения ощущают чаще всего в начале лета, в один из критических для них периодов – фазу кущения. В летнее время осадки имеют часто ливневый характер. На долю зимних осадков приходится 10-20% годовой нормы. Мощность снегового покрова небольшая. На открытых повышенных местах снег сдувается. Почва обнажается и промерзает на большую глубину.

Глубина промерзания почвы в Красноярской лесостепи по данным П.С. Бугакова и Л.С. Шугалей [1968], в зависимости от времени установления и мощности снежного покрова, варьирует в пределах 1,5-3 м. Продолжительность мерзлотного периода на бесснежных участках черноземов выщелоченных достигает 227-240 дней, а на участках со снегозадержанием 198-228 дней. Средняя продолжительность безморозного периода составляет от 85 до 100 дней. Для климата характерен частый возврат холодов весной и раннее наступление заморозков осенью [Шугалей, 1969].

Число дней с температурой выше 0°C составляет 180, выше 5°C – 145 дней, выше 10°C – 105 и выше 15°C – 60 дней. Сумма положительных температур воздуха выше +5°C составляет на конец августа 1626°C, а всего - 1826°C, выше +10°C соответственно 1474 и 1539°C.

Зима в данной зоне суровая и продолжительная. Минимальные температуры зимой падают до -46- -50°C. Весна здесь засушливая и полусухая с вероятностью такого режима на 62-90%. Основной период вегетации наступает в третьей декаде мая. Лето повсеместно короткое, чаще всего жаркое, абсолютный максимум достигает +40°C. Как правило, лето полузасушливое, а осень полувлажная и влажная. Имеет место быстрое нарастание тепла весной и резкое похолодание

осенью. Максимальный прирост тепла приходится на июнь- первую половину июля и резко снижается в третьей декаде августа [Бахтин, Орловский, 1971].

Господствующие ветры – западные и юго-западные. Около 200 дней в году они имеют скорость от 5 до 15 м/с, а в отдельные дни 18-20 м/с. Сильные ветры, осадки ливневого характера вызывают в Красноярской лесостепи развитие эрозионных процессов.

Растительный покров Красноярской лесостепи неоднороден [Черепнин, 1956, 1961]. В распределении растительности прослеживается горизонтальная зональность, а также, в силу котловинного характера рельефа, существует концентрическая или кольцевая поясность. Островные лесостепи развиты по депрессиям, которые на периферии сменяются подтайгой, сливающейся с тайгой. Для растительного покрова Красноярской лесостепи характерно сочетание лугово-степных массивов, обычно распаханных, с участками, занятыми в основном березой, лиственницей, иногда осиной и сосновой. По долинам мелких речек встречается ель. Наряду с массивами смешанных лесов много сосновых боров паркового типа на легких почвах, чистых березовых рощ. Участки лесов (перелески, колки) имеют смешанный древостой или образованы какой-либо одной породой. Под древостоями хорошо развит травяной покров из разнотравья. В подлеске встречаются кустарники. Леса приурочены к северным склонам, ложкам и блюдцеобразным понижениям и даже встречаются по водоразделам, увалам. Луговые степи делятся на простреловые, ковыльно-разнотравные и разнотравные [Любимова, 1962]. Луга лесостепи занимают значительные площади и приурочены к относительно пониженным элементам рельефа.

В результате освоения и распашки земель в середине XX века на месте естественных фитоценозов появились сельскохозяйственные поля. На отдельных кусочках целины, не вовлеченных в пашню, происходит обеднение видового состава, угнетение мезофильных видов растительности. Сплошное освоение, удаление колков и массивов леса усилило эрозионные процессы, ухудшило гидротермический режим, снизило запасы почвенной влаги.

Структура почвенного покрова Красноярской лесостепи свидетельствует о синхронности ее с другими компонентами экосистемы, в первую очередь, с характером климата и растительности. На этой хорошо выраженной взаимосвязи основано комплексное природное районирование всей земледельческой части Красноярского края.

Почвенный покров Красноярской лесостепи изучен рядом исследователей [Вередченко, 1961; Крупкин 1962; Бугаков, Шугалей, 1968; Кускова, 1971; Семина, 1962; Лебедева, Семина, 1974; Чупрова, 1977; Бугаков, Чупрова, 1995; Крупкин, 2002; Топтыгин и др., 2002; Сорокина, 2008; Кураченко, 2010 и др.]. На этой территории встречается вся гамма почв: от дерново-подзолистых до обычновенных черноземов. Особенностью пространственной организации почвенного покрова Красноярской лесостепи является чрезвычайно выраженная его пестрота. Она обуславливается холмисто-увалистым мезорельефом, интенсивным бугристо-западинным микрорельефом, высокой степенью проявления карманистости (языковатости) почв и пестротой почвообразующих пород [Крупкин, 2002; Рудой, 2004]. Преобладающими являются серые почвы (39,03%) с близким представительством подтипов темно-серых и серых и в два раза меньшим количеством светло-серых почв [Бугаков, Чупрова, Горбачева, 1981].

Широкое распространение имеют черноземы (35,6%), среди которых распространены выщелоченные (21,6%) и обычновенные (11%). Они богаты гумусом, не имеют признаков современного переувлажнения, формируются в плакорных условиях при периодическом промачивании почвенной толщи [Крупкин, 2002].

В Красноярской лесостепи больше, чем во всех других лесостепных зонах края, дерново-подзолистых почв (10,8%), в основном, супесчаных под сосняками паркового типа. Они отличаются четко обособленным гумусово-элювиальным горизонтом различной мощности серого и темно-серого цвета. Иллювиальный горизонт имеет довольно большую мощность с выраженной призматической структурой, глянцем полуторных оксидов, очень плотного сложения и тяжелого

гранулометрического состава. Иногда отчетливо выражено оглеение, особенно при условии длительного переувлажнения почвы.

Сравнительно немного встречается интразональных почв (14,6%), представленных болотными (5,1%), луговыми и лугово-черноземными (5,0%), аллювиальными (пойменными) (3,9%) и скелетными (0,6%) почвами.

На территории Красноярской лесостепи встречаются почвы, распространение которых в других районах страны ограничено или они вовсе отсутствуют. Например, почвы со вторым гумусовым горизонтом, выделяемые на правах рода в пределах типа серых и подтипа дерново-подзолистых почв, являются характерным компонентом структуры почвенного покрова.

## **2.2 Ачинско-Боготольская лесостепь**

Ачинско-Боготольская лесостепь размещается на юго-восточной окраине Западно-Сибирской низменности. Ее западная граница является границей края и географически не отделяется от Томской области, южная граница проходит по хребту Арга, юго-восточная по Кемчугскому нагорью. В северо-восточной части орографическая граница отсутствует, и лесостепь постепенно переходит в зону травяных лесов (подтайга) [Безруких, 2003а]. В орографическом плане регион является областью контакта равнинных пространств юго-восточной оконечности Западно-Сибирских и северных Минусинских котловин с горными сооружениями Кузнецкого Алатау и Восточного Саяна.

Природные условия территории отличаются разнообразием, что является результатом своеобразного географического положения. Положение на стыке различных природных зон определяет своеобразие ландшафтных комплексов, включая элементы тайги, подтайги, лесостепи и степи.

В северной части лесостепи сельскохозяйственные угодья занимают 42,2% площади районов; преобладает пашня. Кормовые угодья занимают здесь более 30% сельскохозяйственных угодий районов. Преобладают разнотравно-

ковыльные, полынно-злаковые и солянково-полынныне пастбища и разнотравно-злаковые сенокосы [Безруких, 2003б].

Формирование почвообразующих пород, тесно связанное с развитием рельефа, имеет в каждом районе свои особенности, отражающие условия формирования поверхности [Брицина, 1962].

Характерны большие мощности покровных отложений (нередко достигающие десятков метров) и преобладание в их составе мелкозернистого и сортированного материала. Ярусность рельефа связана с неравномерностью поднятий территории в новейшее время и особенно четко выражена в юго-восточной части, поднимавшейся интенсивно (район денудационной Чулымо-Енисейской равнины). Самая высокая поверхность, занимающая водораздел рек Енисея и Бугача и плоские вершины хребта Арга, располагается на высоте от 480-500 до 700 м и представляет приподнятые участки древнего пенеплена. Следующая по высоте поверхность на абсолютных отметках от 370 до 450 м – галечниковое плато – представляет подгорную аллювиально-пролювиальную равнину, сформировавшуюся у подножья восточных Саян в самом первом периоде тектонических движений новейшего времени. С замедлением темпа поднятий горных областей галечники, сформировавшие подгорную аккумулятивную равнину, перекрывались менее грубыми делювиальными продуктами сноса с предгорий [Безруких, 2003б].

Почвообразующие породы этой территории разнообразны по своему происхождению и составу и оказывают большое влияние на свойства почв. В их распространении можно отметить некоторые общие особенности. В южной части этой территории, в предгорьях и горном обрамлении котловин почвообразующими породами являются красные, красно-бурые и коричнево-бурые суглинки и супеси элювиального и делювиально-аллювиального происхождения. На низких террасах распространены суглинки, пески и галечники, а на высоких – легкие суглинки и супеси. Пологоволнистые водоразделы рек покрыты буроватыми глинами озерно-аллювиального

происхождения, буровато-серыми и светло-желтыми песками и суглинками аллювиального и аллювиально-делювиального происхождения.

Благоприятные геоморфологические условия, разнообразные почвообразующие породы создают необходимые предпосылки для развития довольно обширного спектра генетических типов почв: от дерново-подзолистых до лугово-черноземных [Безруких, 2003б].

Территория характеризуется развитой речной сетью. Основной рекой является река Чулым. Пойменная терраса р. Чулым изобилует старицами, протоками и старичными озерами.

Климат этой территории резко континентальный. Зима продолжительная и суровая, а лето короткое и жаркое. Весна короткая, холодная, сухая, с частыми интенсивными ветрами. Следует отметить характерный поздний возврат весенних заморозков. Осенние заморозки наступают в первой и второй декаде сентября, реже в третьей декаде августа. Безморозный период непродолжительный, составляет 90 дней [Бугаков, Чупрова, 1995].

По агроклиматическому районированию рассматриваемая территория входит в умеренно прохладный агроклиматический район. Основные климатические показатели представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Климатические показатели Ачинско-Боготольской лесостепи

Средняя темпера-тура июля, °C	Средняя темпера-тура января, °C	Среднегодовая темпера-тура, °C	Коэффи-циент номи-нального климата по Н.И. Иванову	Сумма дней с темпера-турой более 0° C	Сумма дней с темпера-турой более 10°C	Сумма темпе-ратур более 10°C	ГТК
+18,1	-19,9	-0,2	233	172	106	1626	1,2

По данным метеостанции г. Ачинска средняя многолетняя температура воздуха колеблется от 0°C до -1°C. Средний из абсолютных минимумов температуры воздуха составляет – 35°- -50° C, а абсолютный минимум – 60° C.

Средняя температура самого теплого месяца (июль) составляет + 18,1° С, абсолютный максимум + 39° С.

Отличительной особенностью теплового режима является быстрое нарастание тепла весной и резкое похолодание осенью. Максимальный период тепла приходится на июнь- первую половину июля и резко снижается в третьей декаде августа. Период со среднесуточной температурой воздуха выше 0°С начинается с 15 апреля и длится до 16 октября, его продолжительность 165-178 дней. Вегетационный период продолжается в среднем 145 дней. На период активной вегетации (с температурой выше +10°С) приходится 97-115 дней. Сумма положительных температур в этот период равна 1626°С. Величина солнечной фотосинтетической активной радиации (ФАР) составляет 11,2\*10 МДж/га. Устойчивый снежный покров образуется в конце октября и сходит в конце апреля, продолжительность периода с устойчивым снежным покровом в среднем составляет 175 дней, мощность снежного покрова небольшая, снег с полей часто сдувается. Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом 150 дней.

Среднегодовое количество осадков варьирует от 420 до 580 мм, в том числе на долю зимних осадков приходится 15-20% годовой нормы. За вегетационный период выпадает около 230 мм [Справочник агронома Сибири, 1978]. Основная масса осадков выпадает в летний период, при этом они носят преимущественно ливневый характер. Недостаток влаги растения ощущают в основном в начале лета. Запасы продуктивной влаги составляют примерно 150 мм.

В данной зоне преобладают юго-западные ветры. Около 170 дней в году ветры имеют скорость от 5 до 15 м/сек. Примерно 34 дней в году наблюдается скорость ветра 18-20 м/сек. [Бугаков, Чупрова, 1995].

Для растительного покрова Ачинско-Боготольской лесостепи характерно сочетание луговостепных массивов, обычно распаханных, с колками, перелесками и небольшими массивами леса. Они имеют смешанный древостой, или образованы какой-либо одной породой (в основном береза, осина и сосна). Под древостоем хорошо развит травяной покров из разнотравья. В подлеске

встречаются кустарники. По данным Е.М. Антиповой [2007] для зоны отмечено большое количество видов растений, свойственных определенным эколого-географическим группам ( boreальной, суб boreальной, горной). В экологически-географических группах выделяются поясно-зональные подгруппы, или элементы, к которым относится и лесостепная подгруппа. Флора лесостепной подгруппы в Ачинской лесостепи представлена наибольшим количеством видов, по отношению к другим подгруппам. Здесь отмечена самая высокая доля участия лесостепных видов, что связано, видимо, с лучшей влагообеспеченностью Ачинской лесостепи по сравнению с другими лесостепями и большим развитием оステненных лугов в ущерб видов степной подгруппы, участие которых не достигает 7%. Степные участки не занимают заметных площадей в Ачинской лесостепи и ограничены, главным образом, крутыми оステнными южными склонами по левобережью р. Чулым. В связи с этим и пустынно-степные виды здесь также почти полностью отсутствуют.

Структура почвенного покрова существенно отличается от других природных округов. Широкая пойма р. Чулым и слабая дренированность территории обусловили большое распространение (15%) распаханных пойменных и луговых почв. В то же время здесь господствуют черноземы (74,4%) и небольшие площади серых почв [Бугаков, 1979; Танделов, Ерышова, 2003]. Почвенный покров представлен несколькими типами почв с почвообразующими породами в виде лессовидных и тяжелых суглинков и легких глин.

Черноземы относятся к преобладающему в составе пахотных угодий типу почв. В пределах района исследований выделяют три подтипа черноземов: оподзоленный, выщелоченный и обыкновенный. Эти подтипы не образуют хорошо выраженных почвенных поясов.

Кислые почвы здесь сформировались в своеобразных климатических условиях, где практически отсутствует классический промывной тип водного режима. В зимний период они промерзают до двух метров и более в зависимости от снежного покрова и полностью оттаивают только во второй половине июня. В процессе промерзания почв происходит передвижение влаги из нижних в верхние

горизонты, что влечет за собой подъем обменных форм кальция и магния. Этот процесс характерен не только для кислых, но и других почв Средней Сибири. Не случайно даже в степной зоне каштановые почвы, сформировавшиеся на некарбонатных аллювиальных галечниковых отложениях, имеют так называемый висячий карбонатный горизонт. Таким образом, складываются своеобразные условия миграции обменных форм катионов: летом и осенью из пахотных горизонтов в подпахотные, а зимой и весной, наоборот. Благодаря этому почвы характеризуются высоким и очень высоким содержанием суммы поглощенных оснований, чем существенно отличаются от европейских аналогов. Этому также способствуют небольшой теплый период года, когда возможно вымывание катионов. Здесь вегетационный период довольно короткий и длится всего 4-5 месяцев [Танделов, Ерышова, 2001].

Равнинный рельеф, благоприятные почвенно-климатические условия, наличие наряду с подтайгой и участком степной зоны обширных лесостепей способствуют формированию на территории Причулымья одной из основных сельскохозяйственных баз Восточной Сибири.

Таким образом, приведенный на основе научных данных анализ физико-географических условий Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепи свидетельствует о благоприятной природной обстановке для развития всех отраслей сельскохозяйственного производства.

## 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. Чистая залежь – это залежь, на которой произрастает преимущественно луговая растительность без кустарников и древесных растений.

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.

В Емельяновском районе объекты исследования расположены в 500-600 м от 784 км федеральной трассы М-53 «Байкал», на границе Емельяновского лесничества. Выбранные массивы залежей заброшены в 1992 г. и находятся в землепользовании ЗАО «Емельяновское».

ПП-1 – разнотравно-злаковая залежь (рис. 1). Залежь проходит переходную стадию сукцессии от корневищной к дерновинной. Отличается нормальным видовым разнообразием. На 100 м<sup>2</sup> встречаются 13 видов травянистых растений, из них 7 видов сорных.

Залежь представлена пырейно-разнотравным фитоценозом. Общее проективное покрытие составляет 80%. Большинство видов трав относится к луговым (около 40%). Однако в травостое принимают участие и степные виды (около 20%), что характерно для открытых массивов южной части Красноярской лесостепи. Доминирующие позиции в фитоценозах залежей занимают крупнотравные растения. Высоким постоянством в составе травостоя на залежах Емельяновского района отличаются: горошек мышиный (*Vicia cracca*),

тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria*), клевер луговой (*Trifolium pretense*), кострец безостый (*Bromopsis inermis*), пырей ползучий (*Elytigia repens*). Встречаются также такие растения, как мятлик узколистный (*Poa angustifolia*), мятлик оттянутый (*Poa attenuata*).



Рисунок 1 – Залежь в Емельяновском районе

Доля сорных видов составляет около 30%. Из сорных в составе фитоценоза представлены злаковые растения. Доминируют рыхлодерновинные злаки: кострец безостый (*Bromopsis inermis*), бекмания восточная (*Beckmannia syzigachne*), щетинник зеленый (*Setaria viridis*). Встречаются дерновинные злаки – представители степной флоры: тонконог гребенчатый (*Koeleria cristata*), полынь метельчатая (*Artemisia scoparia*) и даже ковыль-волосатик (*Stipa capillata*). Из сорного разнотравья присутствует пустырник татарский (*Leonurus tataricus*), жабрей (*Galeopsis bifida*), звездчатка злачная (*Stellaria graminea*), бодяк обыкновенный (*Cirsium vulgare*).

В экологическом отношении растительность таких залежей Емельяновского района представлена, в основном, мезоксерофитами, которые характерны для лугово-степных фитоценозов.

ПП-2 – залежь, введенная в сельскохозяйственный оборот в 2008 г (рис. 2).

Схема использования распаханной залежи под посевы:

- 2008 г. – пшеница;
- 2009 г. – пшеница;

- 2010 г. – чистый пар;
- 2011 г. – пшеница
- 2012 г. – овес
- 2013 г. – чистый пар



Рисунок 2 – Залежь, введенная в сельскохозяйственный оборот в Емельяновском районе

ПП-3 – залежь, используемая под сенокос (рис. 3). На сенокосном угодье доминируют такие злаковые растения как кострец безостый (*Bromopsis inermis*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*), мятлик узколистный (*Poa angustifolia*), бекмания восточная (*Beckmannia syzigachne*), щетинник зеленый (*Setaria viridis*), полевица белая (*Agrostis alba*).



Рисунок 3 – Залежь, используемая под сенокос в Емельяновском районе

Встречаются некоторые виды бобовых – клевер луговой (*Trifolium pretense*), горошек мышиный (*Vicia cracca*). Разнотравье представлено тысячелистником обыкновенным (*Achillea millefolium*), одуванчиком лекарственным (*Taraxacum officinale*), звездчаткой злачной (*Stellaria graminea*), бодяком обыкновенным (*Cirsium vulgare*).

Доля сорных видов составляет около 30%. Из сорных в основе фитоценоза присутствуют злаковые группы растений. Доминируют рыхлодерновинные злаки, например, кострец безостый (*Bromopsis inermis*). Встречаются дерновинные злаки: тонконог гребенчатый (*Koeleria cristata*), полынь метельчатая (*Artemisia scoparia*), а также ковыль-волосатик (*Stipa capillata*). Сорное разнотравье представлено пустырником татарским (*Leonurus tataricus*), жабреем (*Galeopsis bifida*).

В Козульском районе объекты расположены вблизи с. Постойка (500-600 м) и д. Козулька, в 1000 м от 693 км федеральной трассы М-53 «Байкал». Массивы залежей объектов наших исследований расположены в землепользовании ООО «Лазурное» Козульского района. В залежном состоянии они находятся с 1991-1992 гг.

ПП-4 – разнотравно-злаковая залежь (рис. 4). Представляет собой переходную от корневищной к дерновинной стадию залежной сукцессии. Встречается более 20 видов растений, треть из которых сорные. Наиболее существенную роль в проективном покрытии занимают мезофиты, характерные для луговых ценозов. Проективное покрытие 70-80%. Преобладающими видами является тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), горошек мышиный (*Vicia cracca*), клевер луговой (*Trifolium pretense*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), звездчатка злачная (*Stellaria graminea*), пырей ползучий (*Elytigia repens*), подорожник большой (*Plantago major*), мятлик луговой (*Poa pratensis*). Из сорняков чаще всего встречаются осот огородный (*Sonchus oleraceus*), овес пустой или овсюг (*Arena fatua*), бодяк обыкновенный (*Cirsium vulgare*), хвощ полевой (*Equisetum arvense*) и другие.



Рисунок 4 – Залежь в Козульском районе

ПП-5 – залежь, введенная в сельскохозяйственный оборот (рис. 5). Распаханную залежь с 2008 г. используют под посевы пшеницы при чередовании с чистым паром. Схема использования распаханной залежи под посевы:

- 2008 г. – пшеница;
- 2009 г. – пшеница;
- 2010 г. – чистый пар;
- 2011 г. – пшеница
- 2012 г. – пшеница
- 2013 г. – чистый пар

По данным ООО «Лазурное» урожайность зерновых составляла более 45 ц/га в первые годы освоения без применения удобрений. На нашем объекте для посева использовался сорт пшеницы Новосибирская 29. В 2013 г. пашню оставили как поле чистого пара.



Рисунок 5 – Залежь, введенная в сельскохозяйственный оборот в Козульском районе (чистый пар)

ПП-6 – залежь, используемая в качестве сенокоса (рис. 6). На сенокосе в большей степени развиты злаковые растения по сравнению с разнотравьем. Залежь используется под сенокос с 2009 г.



Рисунок 6 – Залежь, используемая под сенокос в Козульском районе

Преобладающими злаковыми компонентами являются пырей ползучий (*Elytrigia repens*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), бекмания восточная (*Beckmannia syzigachne*), кострец безостый (*Bromopsis inermis*). Из разнотравья встречаются такие растения как тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), звездчатка злачная (*Stellaria graminea*) и подорожник большой (*Plantago major*). Увеличивается доля бобовых, например, клевера лугового (*Trifolium pretense*), горошка мышного (*Vicia cracca*),

В небольшом количестве присутствует сорный компонент. Чаще всего встречаются овес пустой или овсюг (*Avena fatua*), бодяк обыкновенный (*Cirsium vulgare*), хвощ полевой (*Equisetum arvens*) и другие.

Кратко охарактеризуем некоторые злаковые травы, преобладающие в составе травостоя объектов исследования и имеющие кормовое значение.

Кострец безостый (*Bromopsis inermis*) – корневищный верховой злак с большим количеством вегетативных побегов. Произрастает практически во всех зонах, где возможно травосеяние. Обладает высокой зимостойкостью. Затопление талыми водами выдерживает в течение 30 дней и более, но не переносит близкого залегания грунтовых вод [Косяненко, 2005].

Тимофеевка луговая (*Phleum pratense*) является многолетним верховым рыхлокустовым и довольно распространенным злаковым растением. Относится к влаголюбивым и холодостойким растениям. Семена дают дружные всходы при температуре 4-5°C. В зависимости от условий и сортовых особенностей период начала вегетации-начала колошения занимает от 30 до 75 дней, а до полного цветения – 50-80 дней. Тимофеевка лучше, чем клевер, переносит кислотность почвы, но дает низкий урожай.

Полевица белая (*Agrostis alba*). Коротко корневищный низовой злак с большим количеством прикорневых листьев и укороченными вегетативными побегами, низкорослой формы. Пригодна для выращивания на низинах и суходольных лугах. В год посева развивается медленно, полного развития достигает на третий год. Растение весьма долголетнее. Устойчиво к стравливанию и вытаптыванию. Хорошо выносит кислотность почв. После стравливания активно отрастает и поедается всеми видами скота. В случае образования на пастбищах пустых пространств быстро заполняет их, препятствуя развитию сорняков. Кормовые достоинства сена и зеленой массы хорошие. Дает 25-30 ц/га сена и 100-130 ц/га зеленой массы.

Клевер ползучий или белый (*Trifolium repens*). Низовой многолетник с длинными ползучими укореняющимися зимующими побегами и стержневой сильно ветвящейся корневой системой. Высота травостоя от 7 до 40 см. Ценный и незаменимый компонент пастбищных травосмесей. Урожайность пастбищной травы составляет 130-160 ц/га, более долговечен, обладает высокой отавностью, быстро отрастает после стравливания. Высокий и густой травостой угнетающее действует на него. Выносит длительное затопление, но на болотистых почвах и на участках с застойными водами не растет [Косяненко, 2005].

Таким образом, изученные залежи Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепи имеют общие черты:

- залежи находятся в пырейно-дерновинной стадии в возрасте 22-23 лет, представлены, преимущественно, луговым фитоценозом с участием лугово-степных видов;

- залежи, введенные в пашню, используются в течении 5-ти лет под посевы зерновых культур, чередуясь с паром, без применения удобрений;
- в качестве сенокосов залежи используются пять лет.

### 3.2 Методы исследования

В 2010 г. на всех объектах заложили полнопрофильные почвенные разрезы. Провели морфологическое описание почв. В образцах, отобранных из генетических горизонтов, определили химические и физико-химические свойства. Для оценки трансформации показателей потенциального и эффективного плодородия почв залежей использовали метод агрохимического обследования. Для этого в 2011 г. площадь объектов исследования разбивали на десять элементарных участков (ЭУ), площадью по 100 м<sup>2</sup> каждый. С каждого участка отбирался смешанный (представительный) образец из слоя 0-10 и 10-20 см, (приложение 1, 2, 3, 4). За счет невысокого пространственного варьирования большинства показателей плодородия в 2011 г. отбор агрохимических образцов в 2012 г. проводился в пятикратной повторности. Площадь объектов исследования разбивали на пять элементарных участков, с которых также отбирался смешанный (представительный) образец из слоя 0-10 и 10-20 см (приложение 5, 6, 7, 8). Срок отбора образцов в оба года исследования – третья декада июня – период максимальной биологической активности.

Во всех образцах почвы определяли показатели потенциального плодородия почв: содержание гумуса по Тюрину, общий азот (Нобщ) по Къельдалю [ГОСТ 26107-84], рассчитывали отношение углерода к азоту (С:N). Актуальная (рН<sub>Н<sub>2</sub>О</sub>) и обменная (рН<sub>KCl</sub>) формы кислотности определялись ионометрически, гидролитическая кислотность (Нг) – по Каппену, сумма обменных оснований (S) – по Каппену-Гильковицу, рассчитывалась степень насыщенности основаниями (V, %). Определяли подвижные соединения двух- и трехвалентного железа по Веригиной [ГОСТ 27395-87], водорастворимый гумус по Тюрину.

Для оценки эффективного плодородия определяли следующие показатели: нитратный азот ( $N-NO_3$ ) дисульфофеноловым методом в модификации Шаркова, поглощенный аммоний ( $N-NH_4$ ) с реактивом Несслера, подвижный фосфор ( $P_2O_5$ ) и обменный калий ( $K_2O$ ) по Кирсанову [ГОСТ 26207-91].

Взятие образцов почв для определения биологической активности на всех объектах исследования проводилось в 2012 г. из тех же слоев почвы. Численность основных таксономических и эколого-трофических групп микроорганизмов определяли согласно методике [Методы стационарного изучения почв, 1977]. Бактерии, мобилизующие органические источники азота, учитывали на мясопептонном агаре (МПА), олиготрофы – на почвенном агаре (ПА), утилизирующие минеральные источники азота определяли на крахмало-аммиачном агаре (КАА), микромицеты – на сусло-агаре (СА), олигонитрофилы – на среде Эшби. Рассчитали коэффициенты микробиологической минерализации (КАА/МПА), олиготрофности (ПА/МПА), олиготрофности по азоту (Эшби/МПА).

Отбор образцов для определения физических свойств почвы с каждой пробной площадки проводился в 2012 г. в пятикратной повторности. В слоях 0-10 и 10-20 см определялись структура почвы методом сухого просеивания по Саввинову и плотность сложения методом взятия почвенных проб в металлических цилиндрах с ненарушенным сложением [Качинский, 1958]. Подсчитывалась сумма агрономически ценных фракций (АЦФ) и коэффициент структурности. Проводили расчет общей порозности почв общепринятым методом.

Определение полевой влажности почвы проводилось согласно ГОСТУ 28268-89 «Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений». Повторность отбора образцов почвы из слоев 0-10 и 10-20 см пятикратная.

Запасы надземной биологической массы травяного покрова учитывались с целью установить, насколько залежные сукцессии пригодны для определения направления дальнейшего использования этих фитоценозов. Динамика запасов фитомассы изучалась в период с 2011-2013 гг. В пятикратной повторности на

учетных площадках ( $1,0 \times 1,0$  м) проводились укосы в период максимального развития вегетативной массы травянистой растительности и в конце вегетации. Количественная оценка запасов и структуры фитомассы проводилась в 2 срока: 30 июня и 30 августа. Определялась сырая и воздушно-сухая биологическая масса. В воздушно-сухой фитомассе учитывалась доля злакового и разнотравного компонентов. Учет запасов фитомассы в два срока, а не в один, позволил сделать более обоснованные заключения при сравнении разных объектов по продуктивности. Определение запасов фитомассы в паровом поле было связано с необходимостью учета сорного компонента, который после освоения залежей в пашню проявляет свое последействие за счет большого запаса семян сорняков.

Все полученные результаты статистически обрабатывались: подсчитывался коэффициент пространственного варьирования свойств почв и запасов фитомассы на всех объектах ( $Cv, \%$ ), достоверность различий свойств почв и запасов фитомассы между объектами исследования по критерию Стьюдента ( $t_{\text{факт}}$ ) при  $t_{\text{теор}}=2,1$ , а также коэффициенты корреляции между запасами фитомассы и свойствами почв ( $r$ ) [Савич, 1972, Дмитриев, 1995]. Для расчета указанных статистических параметров использовали программу Microsoft Excel.

## Глава 4 Характеристика постагрогенных серых почв объектов исследования

### 4.1 Морфологическая характеристика почв

Профильный метод исследования почв повсеместно принят почвоведами как наиболее рациональный и информативный в практике полевого изучения почв. Профиль почвы подразумевает его целостность с одной стороны, и разнокачественность генетических горизонтов – с другой [Добровольский, 2003].

При морфологических исследованиях проводится анализ «степени развитости почвы». Серые почвы, на которых проводились наши исследования, развиты на коричнево-бурых легких глинах. По морфологическому описанию они имеют следующее строение почвенного профиля: 0 – AYра – AEI – BEI – BT – BC – C. Следуя определению Б.Г. Розанова [1975, 1983], профиль изученных почв относится по строению к группе простой, по типу – нормальный. Такой тип строения профиля наиболее широко распространен, в нем имеется полный набор генетических горизонтов, характерных для данного типа почвообразования. Это профиль зрелых почв, имеющих большой абсолютный и относительный возраст.

Морфологические признаки и строение профиля серых почв залежей в районах исследования приведены ниже.

Разрез 1. Заложен на разнотравно-злаковой залежи в Емельяновском районе Красноярской лесостепи (рис. 7).

AYра- 0-20 см. Увлажненный. Серый, при подсыхании светло-серый. Самая верхняя часть горизонта (0-10 см) темно-серой окраски. Структура неясно-комковато-крупнозернистая со слабыми признаками ореховатости. Плотный, пористый, трещиноватый. Более плотный, чем нижележащий горизонт. Тяжелый суглинок. В верхней части горизонта обилие органических остатков разной степени разложения. Много корней травянистых растений, корневин, червоточин. Переход четкий, по глубине вспашки.

BEI - 20-34 см. Увлажненный. Серый, местами бурый, при подсыхании белесоватый. Структура крупно-зернисто-ореховатая. Пористый, трещиноватый.

Более рыхлый, чем вышележащий горизонт. Тяжелый суглинок. При подсыхании кремнеземистая присыпка. Корни травянистых растений, корневины, червоточины. Гумусовые затеки, локальные ржаво-окристые пятна оглеения. Переход постепенный по окраске и плотности.

ВТ - 34-46 см. Свежий. Коричневый с бурыми пятнами. Серые пятна гумусовых веществ. Структура комковато-слабоореховатая. Признаки слоистого сложения. Плотный, пористый, трещиноватый. Тяжелый суглинок. Присутствие оксидного железа в виде ржаво-окристых пятен. Фрагменты опесчаненной легкой глины. Корней меньше, чем в вышележащих горизонтах. Слабый глянец полуторных оксидов по граням структурных отдельностей. Переход постепенный по окраске и плотности.

ВС - 46-63 см. Увлажнен. Буровато-коричневый, с окристыми пятнами. Легкая глина. Фрагменты опесчаненной глины. Редко галька. Корни единичные. От HCl не вскипает. Переход постепенный.

С – 63 см и ниже. Увлажнен. Коричнево-бурая опесчаненная глина.



Рисунок 7 - Почвенный разрез на чистой залежи в Красноярской лесостепи

Разрез 1а. Заложен на бывшей залежи, используемой под сенокос в Емельяновском районе Красноярской лесостепи.

AYpa - 0-24 см. Свежий. Темно-серый, при подсыхании светло-серый. Структура слабо-комковато-зернистая. Весьма плотный. Сильнопористый, трещиноватый. Тяжелый суглинок. Присыпка оксида кремния. Густо пронизан корнями травянистых растений. Много корневин, червоточин. Не вскипает. Переход в следующий горизонт постепенный по цвету, но отчетливый по границе бывшей вспашки (плотности сложения).

BE1 - 24-34 см. Свежий. Серый с бурыми пятнами. При подсыхании светло-серый. Структура неясно-зернисто-ореховатая. Плотный, пористый, трещиноватый. Тяжелый суглинок. Слабый глянец по граням структурных отдельностей. Локальные признаки оглеения. Много корней травянистых растений. Обнаруживается мицелий грибов, локализованный по корневым ходам. Корневины. Не вскипает. Переход постепенный по окраске.

BT - 34-45 см. Увлажнен. Коричнево-бурый с темно-коричневыми и серыми пятнами. Структура неясно выраженная ореховатая. Плотный, пористый, трещиноватый. Тяжелый суглинок. Оксидное железо, охристые пятна оглеения, вмытые гумусовые вещества. Корней мало. Встречаются корневины. Не вскипает. Переход постепенный по окраске и плотности.

BC - 45-62 см. Увлажнен. Буровато-коричневый. Неясно выраженная слоисто-ореховатая структура. Легкая глина. Слабые признаки оглеения. Единичные корни. Встречаются продукты выветривания гравия, в виде крупно-зернистых песчаных фрагментов. Не вскипает. Переход постепенный.

С – 62 см и ниже. Увлажнен. Коричнево-бурая опесчаненная глина.

Разрез 2. Заложен на разнотравно-злаковой залежи в Козульском районе Ачинско-Боготольской лесостепи.

AYpa – 0-19 см. Бывший пахотный слой. Свежий. Темно-серый, при подсыхании светло-серый. Структура пылевато-комковато-ореховатая. Уплотнен, пористый, трещиноватый. Тяжелосуглинистый. Горизонт густо пронизан корнями

травянистых растений, встречаются дождевые черви, корневины. Переход резкий, по границе бывшей вспашки.

AEI – 19-32 см. Свежий. Серый, при подсыхании светло-серый. Структура комковато-ореховатая. Наблюдаются ореховатые отдельности разной величины. Рыхлее верхнего. Пористый, трещиноватый. Тяжелый суглинок. Обильная кремнеземистая присыпка. Густо пронизан корнями травянистых растений. Встречаются корневины. Переход постепенный по окраске.

BEI – 32-63 см. Свежий. Неоднородной окраски, от темно-серой, до бурой. На светлом фоне наблюдаются пятна и прослойки бурого и ржаво-охристого цвета. Структура зернисто-ореховатая. Ореховатые отдельности разной величины. Тяжелый суглинок. При подсыхании локальные пятна кремнеземистой присыпки. Корни встречаются редко. Переход постепенный по окраске.

BT – 63-86 см. Увлажнен. Коричнево-бурой окраски с темно-сизыми пятнами и затеками гумусовых веществ, вмытых из верхних горизонтов. Структура ореховатая с признаками слоеватости. Трещиноватый. Тяжелый суглинок. Корни встречаются редко. Много полуторных оксидов железа в виде ржаво-охристых пятен и прослоев. Переход постепенный по окраске и плотности.

BC – 86-102 см. Влажный. Коричнево-бурый. Слоеватый, с признаками ореховатости. Легкая глина. Плотный. Корней нет. От HCl не вскипает.

C – 102 см и ниже. Влажный. Коричнево-бурая легкая глина. Слоистое сложение. Плотный.

Морфологические признаки генетических горизонтов почв пашен и сенокосов в обоих районах исследования очень схожи с приведенными выше, поэтому описание данных разрезов мы не приводим. Исключение составляет горизонт АУра почвы пашни. Описание его следующее:

АУра – 0-24 см. Влажный. Темно-серая окраска, неравномерная, при подсыхании белесая. Структура комковато-пылевато-творожистая в верхней части, книзу комковато-пылевато-ореховатая. Сложение рыхлое, в нижней части горизонта уплотненное. Пористая, тонкопористая. При подсыхании заметна

кремнеземистая присыпка. Много мочковатых корней. Тяжелосуглинистая. Переход в следующий горизонт резкий по глубине вспашки.

Разрез 2а. Заложен на залежи, используемой под сенокос в Козульском районе Ачинско-Боготольской лесостепи

AYpa 0-20 см. Бывший пахотный слой. Увлажненный, уплотненный, темно-серый с оливковым оттенком, пористый, тяжелый суглинок. Структура комковато зернисто - ореховатая. Новообразования: гумусовые вещества, редкие оливковые пятна оглеения. Густо пронизан корнями травянистых растений. Не вскипает. Переход по окраске постепенный, по плотности сложения отчетливый.

AEI – 20-32 см. Увлажненный, уплотненный, окраска темно-серая с белесовато-оливковым оттенком, более рыхлый, чем вышележащий горизонт. Ореховато-пластиначатая структура, средний суглинок, пористый. Новообразования: гумусовые вещества, признаки оглеения в виде оливкового налета на гранях педов, отчетливая кремнеземистая присыпка. Корни травянистых растений и небольшое количество древесных. Корневины с трухой. Не вскипает. Переход постепенный по окраске.

BEI – 32-42 см. Увлажненный, уплотненный, окраска неоднородная, чередуются серые, коричнево-бурые пятна и прослойки. Тяжелый суглинок, структура ореховато-плитчатая. Новообразования: гумусовые вещества встречаются ржаво-охристые и оливковые пятна оглеения. Корней мало, не вскипает, переход постепенный.

BT – 42- 66 см. Увлажненный, уплотненный, коричнево бурый с сероватым оттенком, пористый, легкая глина, структура плитовидно-крупно-ореховатая. Пористый, трещиноватый. Новообразования: ржаво-охристые и оливковые пятна, корневины с трухой, гумусовые вещества, дресва, корней нет, не вскипает. Переход постепенный по окраске.

BC – 66-78 см. Более влажный, чем вышележащий, почти плотный, окраска неоднородная, буровато-коричневая, сизовато-оливковая. Пористый, трещиноватый, легкая глина, структура неоднородная, от крупно-ореховатой до бесструктурной. Новообразования: интенсивное иллювирирование в виде кутан по

граням педов, отчетливые признаки оглеения, железисто-марганцевые конкреции, корневины, заполненные трухой. Не вскипает. Переход постепенный.

С - 78 и ниже см. Коричнево-бурая глина, оглеенная, плотная. Не вскипает по всему профилю.



Рисунок 8 – "Плужная подошва" на залежи Красноярской лесостепи (2010 г.)

Установлено, что различия в строении профиля и особенностях морфологических признаков исследуемых почв наблюдаются только в верхней части профиля – горизонте АУра. Поэтому морфологическое описание разрезов на пашне не приводится.



Рисунок 9 - Морфологические признаки влияния мерзлотных процессов

На всех объектах выделяется бывший пахотный слой – горизонт АУра (плужная подошва), наличие которого указывает на постагрогенную принадлежность почвы (рис. 8). Этот горизонт отличается от нижележащих (как правило, АЕ1 или ВЕ1) меньшей плотностью сложения, вследствие механической обработки почв, а также более светлой окраской.

Сопоставление морфологических признаков постагрогенных серых почв районов исследования свидетельствует, что генетическое единство их очевидно (рис. 9). Оно проявляется в абсолютной идентичности морфологических признаков почвообразующей материнской породы, тождественности признаков иллювиальных горизонтов, проявляющейся в наличии пленок полуторных оксидов по граням структурных отдельностей, слабыми признаками оподзоливания в верхней части профиля, растрескиванием, наличием оглеения в нижней части, связанного с мерзлотными процессами, а также растрескиванием почвенной массы в естественном сложении.

## **4.2 Физико-химическая характеристика почв**

Характеристика свойств постагрогенных серых почв по основным показателям представлена в таблицах 3 и 4. Эти данные подтверждают полученные ранее и приводимые рядом авторов в литературе, о чем упоминалось выше.

Почвы Красноярской лесостепи отличаются различным содержанием гумуса, которое колеблется от 4,1% до 6,9% в верхних гумусово-аккумулятивных горизонтах. П.С. Бугаковым, В.В. Чупровой [1995] установлено, что в условиях Красноярской лесостепи процесс гумусообразования проходит специфично. Наличие длительной сезонной мерзлоты в почвенном профиле укорачивает период с интенсивными биохимическими процессами, замедляет темпы биологического круговорота.

Оценивая содержание гумуса в серых почвах, следует учитывать, что трансформация почв в сельскохозяйственные угодья приводит к качественно

новому поступлению органического вещества и его расходованию. Соответственно, обратный процесс происходит при возврате почвы в состояние естественных экосистем. Дифференциация профиля по гумусу выражена довольно отчетливо. Специфической особенностью гумусового профиля изученных постагрогенных серых почв является интенсивная аккумуляция органического вещества в самой верхней части. Наблюдается довольно резкое падение содержания гумуса с глубиной (6,9-3,1% - в аккумулятивном горизонте до 2,5-2,1% – в иллювиальном). Мощность серогумусового и переходного горизонтов достигает 34 см.

Таблица 3 – Характеристика серых почв Красноярской лесостепи  
(2010 г.)

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	Нобщ, %	С:N	рН		S	Hr	V, %
					H <sub>2</sub> O	KCl	м-моль/100 г почвы		
Залежь									
AYpa	0-20	6,9	0,41	10,9	6,0	5,0	31	2,9	88
BEI	22-34	3,9	0,28	13,3	5,8	5,0	29	2,7	89
BT	34-46	2,5	0,22	13,6	5,8	4,7	28	2,5	89
BC	46-63	1,1	0,12	14,2	5,6	4,6	25	2,0	87
C	63-75	0,6	0,06	14,8	5,6	4,6	23	2,0	85
Пашня									
AYpa	0-21	4,1	0,21	11,8	5,8	4,8	27	2,8	88
BEI	21-31	3,1	0,18	12,5	5,8	4,7	25	2,6	86
BT	32-45	2,1	0,10	13,9	5,6	4,6	23	2,5	85
BC	45-55	1,2	0,08	14,5	5,4	4,6	23	2,1	83
C	65-75	0,6	0,06	14,7	5,4	4,6	24	2,2	84
Сенокос									
AYpa	0-21	5,4	0,32	11,3	5,7	4,8	27	2,9	86
BEI	21-31	3,4	0,25	12,1	5,7	4,8	26	2,7	88
BT	32-45	2,5	0,18	13,7	5,6	4,7	24	2,4	85
BC	45-62	1,2	0,11	14,5	5,5	4,7	23	2,1	87
C	62-76	0,5	0,05	15,1	5,4	4,6	22	2,1	84

Содержание общего азота в почвах составляет в аккумулятивном горизонте на залежи 0,41%. В почве пашни и сенокоса эти значения несколько ниже (0,21 и 0,32%, соответственно). Отмечено четко выраженное снижение общего азота вниз по профилю почв в целом на всех объектах исследования. В нижних горизонтах

почв отмечено очень широкое отношение С:N, что свидетельствует о низкой степени минерализации гумуса в этих горизонтах.

Реакция почвенной среды в профиле почвы залежи по значению актуальной кислотности находится в пределах 5,6-6,0 единиц, что соответствует слабокислой степени. По значениям обменной кислотности почва характеризуется как среднекислая. Почва пашни и сенокоса в полуметровой толще имеет слабокислую реакцию, а ниже по профилю кислотность находится в пределах среднекислой. Обменная кислотность всей толщи почв пашни и сенокоса указывает на среднекислую реакцию. Достаточно широкий разрыв между величиной обменной и актуальной кислотности (при довольно низком значении  $pH_{KCl}$ ) может служить подтверждением тому, что процессы оподзоливания в этих почвах ослаблены, а признаки подзолистого процесса в какой-то мере являются реликтовыми. Гидролитическая кислотность почв всех объектов исследования снижается вниз по профилю, но находится в пределах 2,1-3,0 м-моль/100 г почвы, что соответствует близкой к нейтральной реакции среды. Сумма поглощенных оснований в почвах выше в гумусово-аккумулятивных горизонтах и снижается вниз по профилю. Значения этого показателя колеблются в пределах 22-31 м-моль/100 г почвы. Сумма обменных оснований различается только в верхних горизонтах. Вниз по профилю значения примерно одинаковые в почвах всех изученных объектов. При невысокой сумме обменных оснований и такой низкой гидролитической кислотности степень насыщенности основаниями высокая. Она составляет от 83% до 89% в разных генетических горизонтах. Отмечается относительное постоянство этого показателя по всему почвенному профилю.

Содержание гумуса в постагренических серых почвах Ачинско-Боготольской лесостепи различное. Наиболее гумусированным является горизонт АУра почвы залежи, где содержание гумуса составляет 7,1% (табл. 4).

В этом же горизонте в почвах пашни и сенокоса отмечено снижение содержания гумуса. Оно составляет 4,2-5,4%. С глубиной содержание гумуса резко уменьшается в профиле почв всех объектов. На залежи мощность гумусово-

аккумулятивного горизонта достигает 35 см, а на пашне и сенокосе составляет около 30 см.

Таблица 4 - Характеристика серых почв Ачинско-Боготольской лесостепи (2010 г.)

Разрез, горизонт	Глубина, см	Гумус, %	Нобщ, %	C:N	pH		S м-моль/100 г почвы	Hr	V, %
					H <sub>2</sub> O	KCl			
Залежь									
AYpa	0-19	7,5	0,41	9,7	6,0	5,2	32	5,0	91
AEI	19-32	4,6	0,28	10,7	5,9	5,1	30	4,9	89
BEI	32-63	2,4	0,19	11,4	5,7	4,7	31	4,5	95
BT	63-86	1,6	0,12	13,7	5,4	4,5	32	4,2	90
BC	86-102	0,6	0,07	14,8	5,5	4,7	27	4,0	87
C	102 и ниже	0,3	-	14,8	5,3	4,5	27	3,8	85
Пашня									
AYpa	0-15	4,2	0,25	12,3	5,5	4,7	28	4,4	87
AEI	15-31	3,5	0,22	13,1	5,7	4,8	25	4,3	86
BEI	31-58	2,0	0,18	13,7	5,5	4,4	26	4,5	85
BT	58-86	1,1	0,11	14,5	5,3	4,5	27	4,4	87
BC	86-99	0,5	0,04	14,8	5,2	4,4	28	4,1	89
C	99 и ниже	0,2	-	14,8	5,2	4,5	28	3,9	84
Сенокос									
AYpa	0-15	5,4	0,29	13,1	5,1	4,4	30	5,0	88
AEI	15-30	4,5	0,25	13,7	5,1	4,1	32	4,9	86
BEI	31-40	2,1	0,21	14,2	5,3	4,2	28	4,7	85
BT	50-60	1,1	0,13	14,7	5,2	4,4	27	4,4	87
BC	70-90	0,5	0,03	15,1	5,3	4,3	28	4,1	89
C	90-105	0,3	-	15,1	5,1	4,2	28	3,8	85

Содержание общего азота в серых почвах Ачинско-Боготольской лесостепи невысокое. В почвах разных объектов исследования оно колеблется от 0,25 до 0,41%. Максимальное количество общего азота зафиксировано в серо-гумусовом горизонте AYpa. С глубиной его содержание, как и гумуса, заметно снижается.

Насыщенность гумуса почв азотом в целом достаточно низкая. Отношение C:N в большинстве случаев характеризуется как низкое и очень низкое, только в горизонтах AYpa и AEI почвы залежи обогащенность гумуса азотом средняя. Наиболее широкое отношение C:N наблюдается в нижних слоях почвы.

Источником кислотности почв являются органические кислоты, образующиеся при разложении растительных остатков и просачивающиеся с

атмосферной влагой в ее толще. В верхней части профиля серых почв Ачинско-Боготольской лесостепи величины актуальной кислотности находятся в пределах слабокислого интервала на всех объектах исследования. С глубиной по профилю реакция почвы становится среднекислой. Значения составляют от 5,1 до 6,0 единиц  $\text{pH}_{\text{kcl}}$ . Величины обменной и гидролитической кислотности близки между собой в почвах разных объектов. Гидролитическая кислотность в верхних горизонтах указывает на среднекислую реакцию среды, снижаясь вниз по профилю в почве залежи и сенокоса до слабокислой (табл. 4). Большой разрыв между величиной обменной и актуальной кислотности указывает на повышенное содержание в почвенно-поглотительном комплексе этих горизонтов ионов водорода. Следует отметить, что в целом большой разрыв между величинами  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  и  $\text{pH}_{\text{kcl}}$  характерен для почв всех объектов, что свидетельствует об ослабевании процессов оподзоливания. На слабое оподзоливание серых почв Красноярской лесостепи указывают данные исследований П.С. Бугакова, В.В. Чупровой (1981) и О.А. Сорокиной [2008]. Сумма обменных оснований различается только в верхней толще почвы. Вниз по профилю значения этого показателя примерно одинаковые в почвах всех объектов исследования. Степень насыщенности почв основаниями характеризуется как высокая.

В целом все изученные почвы относятся к типу серых и имеют одинаковую генетическую природу. Это сходство выявляет общие закономерности в химических и физико-химических свойствах почв объектов исследования. В то же время дает хорошую методическую основу для оценки трансформации плодородия верхней толщи серых почв при различном их использовании.

## **Глава 5 Трансформация плодородия серых почв при различном их использовании**

### **5.1 Основные показатели потенциального плодородия почв Красноярской лесостепи**

В современных условиях важно рассматривать проблему комплексно с решением задач оценочного характера, в которых не последнюю роль играет экономика и рентабельность. Базовыми данными для такой оценки могут служить почвенные (агрохимические) и агроэкологические исследования. Почвенно-экологическая оценка земель во многом позволяет наметить перспективы ведения сельскохозяйственной деятельности в целом и определить оптимальные ее направления. Оценка земель во многом определяется естественным и приобретенным плодородием почв, которое в значительной степени зависит как от состава почвообразующих пород, так и степени окультуривания (агрогенного преобразования).

Анализируя исследуемые почвы как объекты, которые могут быть в дальнейшем возвращены в сельскохозяйственный оборот или будут продолжать использоваться, необходимо уделять внимание состоянию пахотного слоя (0-20 см) – месту аккумуляции основных питательных веществ и непосредственной среде обитания сельскохозяйственных растений. От состояния пахотного слоя во многом зависит общая составляющая плодородия почвы.

Нами проведена оценка плодородия почв всех объектов исследования в слоях 0-10 и 10-20 см по ряду почвенно-агрохимических свойств.

В таблице 5 представлены усредненные показатели плодородия серых почв при различном их использовании в Красноярской лесостепи за 2011 и 2012 гг. и их статистические параметры.

Установлено, что постагогенные серые почвы Красноярской лесостепи характеризуются различным содержанием гумуса на всех объектах исследования. Эти значения колеблются в пределах от 3,8 до 7,6% (приложение 9).

Таблица 5 – 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, %	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	7,6 19,0 t <sub>1-2</sub> <b>7,5</b>	4,2 5,9 t <sub>2-3</sub> <b>6,2</b>	5,7 11,7 t <sub>1-3</sub> <b>4,1</b>	4,6 39,0 t <sub>1-2</sub> <b>6,7</b>	3,8 10,5 t <sub>2-3</sub> <b>2,2</b>	4,3 17,2 t <sub>1-3</sub> <b>4,2</b>
Нобщ., %	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	0,395 25,0 t <sub>1-2</sub> <b>6,3</b>	0,201 12,0 t <sub>2-3</sub> <b>6,9</b>	0,298 18,3 t <sub>1-3</sub> <b>3,2</b>	0,291 25,9 t <sub>1-2</sub> <b>5,1</b>	0,201 8,2 t <sub>2-3</sub> 0,5	0,194 24,8 t <sub>1-3</sub> <b>4,8</b>
Водораст- воримый гумус, %	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	0,106 9,1 t <sub>1-2</sub> <b>10,0</b>	0,071 7,5 t <sub>2-3</sub> <b>6,6</b>	0,086 5,7 t <sub>1-3</sub> <b>5,0</b>	0,080 7,8 t <sub>1-2</sub> <b>6,6</b>	0,065 9,8 t <sub>2-3</sub> <b>2,5</b>	0,072 12,8 t <sub>1-3</sub> <b>5,0</b>
C:N	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	11,3 10,7 t <sub>1-2</sub> 1,6	12,3 11,8 t <sub>2-3</sub> <b>2,5</b>	11,1 7,3 t <sub>1-3</sub> 0,4	10,9 9,0 t <sub>1-2</sub> 0	10,9 9,0 t <sub>2-3</sub> <b>3,5</b>	13,1 12,9 t <sub>1-3</sub> <b>3,5</b>
pH <sub>H2O</sub>	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	5,9 1,7 t <sub>1-2</sub> 2,0	5,8 2,9 t <sub>2-3</sub> 1,7	5,7 3,8 t <sub>1-3</sub> 1,8	5,9 1,8 t <sub>1-2</sub> <b>5,0</b>	5,7 3,3 t <sub>2-3</sub> <b>5,4</b>	5,5 2,4 t <sub>1-3</sub> <b>8,9</b>
pH <sub>KCl</sub>	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	5,0 4,4 t <sub>1-2</sub> <b>3,6</b>	4,9 3,3 t <sub>2-3</sub> 1,5	4,7 2,9 t <sub>1-3</sub> <b>5,2</b>	4,9 2,4 t <sub>1-2</sub> <b>4,2</b>	4,7 4,3 t <sub>2-3</sub> 0	4,6 4,2 t <sub>1-3</sub> <b>3,0</b>
S, м-моль /100 г	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	33,5 7,0 t <sub>1-2</sub> <b>8,6</b>	25,7 6,4 t <sub>2-3</sub> 1,4	27,0 6,7 t <sub>1-3</sub> <b>7,5</b>	30,3 7,5 t <sub>1-2</sub> <b>7,9</b>	22,8 11,1 t <sub>2-3</sub> 0,9	23,6 9,2 t <sub>1-3</sub> <b>9,3</b>
Hg, м-моль /100 г	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	2,9 5,0 t <sub>1-2</sub> <b>5,5</b>	2,5 7,0 t <sub>2-3</sub> <b>2,9</b>	2,7 4,9 t <sub>1-3</sub> <b>3,2</b>	2,8 4,7 t <sub>1-2</sub> <b>6,3</b>	2,4 6,4 t <sub>2-3</sub> <b>4,8</b>	2,7 4,8 t <sub>1-3</sub> 1,7
V, %	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	92,2 0,8 t <sub>1-2</sub> <b>3,1</b>	90,9 1,2 t <sub>2-3</sub> 0,2	90,8 0,8 t <sub>1-3</sub> <b>4,3</b>	91,6 0,6 t <sub>1-2</sub> <b>2,9</b>	90,1 1,7 t <sub>2-3</sub> 0,7	89,7 0,9 t <sub>1-3</sub> <b>2,8</b>
Подвиж- ное же- зо, мг/кг	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	30,4 30,3 t <sub>1-2</sub> <b>6,7</b>	55,9 10,0 t <sub>2-3</sub> 1,1	58,1 25,5 t <sub>1-3</sub> <b>7,2</b>	35,0 30,8 t <sub>1-2</sub> <b>7,8</b>	59,4 7,9 t <sub>2-3</sub> <b>4,5</b>	85,3 35,1 t <sub>1-3</sub> <b>8,6</b>

Здесь и далее: Mср – среднее арифметическое; Cv – коэффициент вариации; t<sub>факт</sub> – фактическая достоверность различий показателей; t<sub>1-2</sub> (залежь-пашня), t<sub>2-3</sub> (пашня-сенокос), t<sub>1-3</sub> (залежь-сенокос) – фактическая достоверность между залежью, пашней и сенокосом, при t<sub>meop</sub>=2,1

Ф.Ш. Гарифуллин, А.Ш. Ишемьяров [1987] рассматривая плодородие, как сложное интегральное свойство почвы, отмечают, что одни из его факторов являются ведущими, фундаментальными с глобальным воздействием на всю почвенную систему, а другие – в значительной мере производными от ее фундаментальных свойств. К числу первых относится гумус почвы, который

является не только биоэнергетической основой плодородия и источником питания растений в агроэкологических системах, но и своего рода гарантом и стабилизатором всех почвенных процессов. С содержанием и составом гумуса тесно связано изменение структурного состояния, физико-химических и других свойств почвы. Формируясь в процессе трансформации органических материалов, гумус представляет собой связующее звено между живой и неживой материей. Гумус создает и поддерживает благоприятные экологические условия, придает почве буферность по отношению к влиянию различных факторов среды.

Исследования показали, что повышенное содержание гумуса отмечено в почве залежи в слое 0-10 см. Оно составляло 7,6% (рис. 10). Установлена дифференциация верхней толщи на два слоя по содержанию гумуса. В слое 10-20 см количество гумуса снижается до среднего уровня. На пашне гумус заметно уменьшается, как в слое 0-10, так и 10-20 см, указывая на среднюю и низкую степень гумусированности, соответственно. Уменьшение содержания гумуса связано с механическими потерями органического вещества и уменьшением поступления в почву растительных остатков. По мнению О.А. Сорокиной [2006] уменьшение запасов гумуса при освоении и сельскохозяйственном использовании серых почв объясняется тем, что происходит «разбавление» исходного количества гумуса в связи с вовлечением в пахотный слой подпахотного.

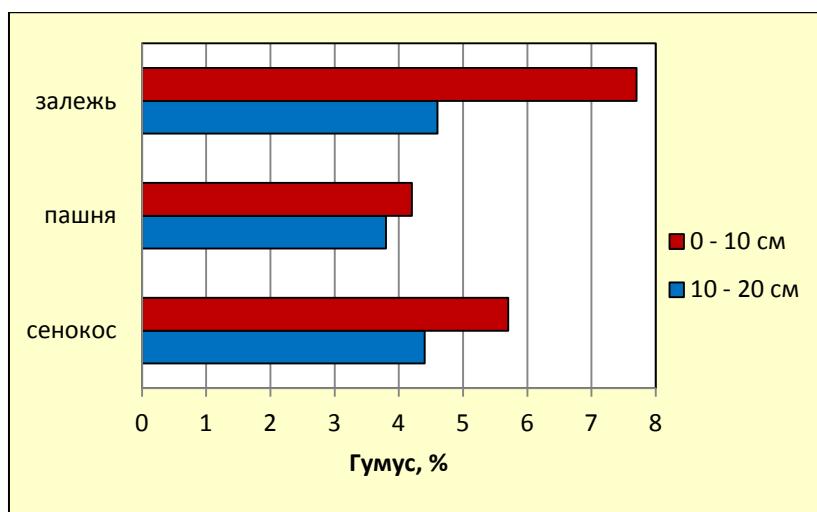


Рисунок 10 – Содержание гумуса в почвах, % (2011-2012 гг.)

Такие закономерности согласуются с исследованиями И.П. Багаутдинова с соавт. [1994]. В их работе выявлено, что содержание гумуса в светло-серых, серых

и темно-серых почвах при вовлечении в пашню снижается на 20-40%. По данным А.М. Прокошева [1992] при распашке минерализуется около 1 тонны «перегноя» в серых почвах. Нами установлено, что в почвах сенокоса содержание гумуса находится в пределах 4-6%, что соответствует средней степени гумусированности.

Коэффициенты варьирования содержания гумуса в почвах всех объектов не превышают 20%, что свидетельствует о незначительной пространственной пестроте этого показателя. Пространственное варьирование гумуса при распашке залежи и введении в пашню уменьшается, т.е. происходит «внутрипольное» выравнивание содержания гумуса за счет обработки почвы. На чистой залежи преобладает «куртинистость» напочвенного покрова и сильнее выражен микрорельеф, за счет чего усиливается пространственная пестрота свойств почв.

В большинстве случаев увеличение гумуса в постагрогенных серых почвах залежи и сенокоса является статистически доказуемым, указывая на увеличение содержания гумуса на залежи и сенокосе (табл. 5). Величины критерия достоверности ( $t_{факт}$ ) существенно выше  $t_{теор}$ . Особенно значительны различия между почвами залежи и пашни. Здесь фактические значения критерия достоверности самые высокие и составляют 6,7-7,5.

Наряду с углеродом, азот и его соединения играют исключительно важную и незаменимую роль в формировании почвенного покрова и плодородия почв, в продуктивности земледелия.

Анализируя результаты, представленные на рисунке 11, можно обнаружить закономерную взаимосвязь количества общего азота с содержанием гумуса в почвах всех объектов исследования. Содержание общего азота в почвах колеблется в пределах 0,194-0,392%. Максимальное его количество зафиксировано в почве залежей. Оно составляет в слое 0-10 см 0,392%, что соответствует высокому уровню. На залежи увеличение содержания общего азота происходит за счет отмирания большой массы травянистой растительности и формирования значительного количества органического вещества в сравнении с пашней и сенокосом.

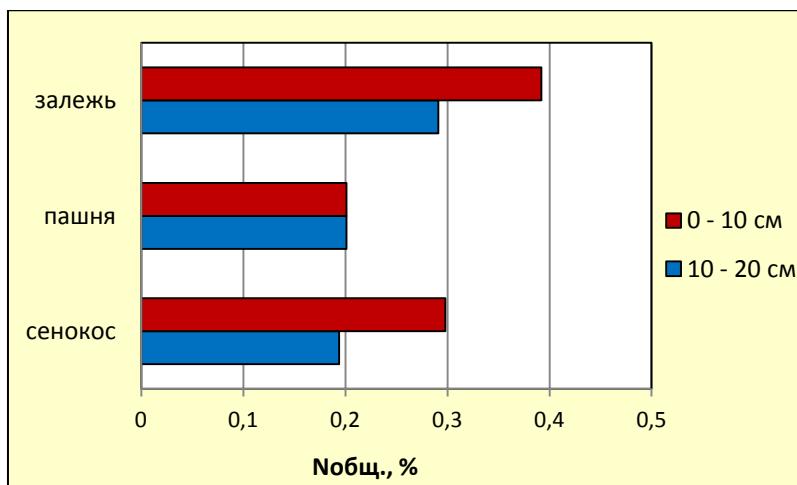


Рисунок 11 – Содержание общего азота (Нобщ.) в почвах, % (2011-2012 гг.)

В почве пашни содержание общего азота значительно ниже в сравнении с другими объектами. Оно составляет 0,201% в обоих слоях почвы и характеризуется как низкое. При введении залежи в пашню ослабляется дерново-аккумулятивный процесс, усиливаются процессы минерализации органического вещества, вследствие чего происходит снижение содержания общего азота. Промежуточное положение по этому показателю занимает почва сенокоса.

На залежи и сенокосе свойства почв характеризуются незначительной и средней степенью пространственной вариации. Коэффициенты варьирования находятся в пределах 8,2-25,9%. При введении залежи в пашню происходит снижение коэффициентов пространственного варьирования общего азота, что свидетельствует о выравнивании пространственной пестроты свойств почвы при распашке. Статистически достоверное снижение валового азота установлено при сопоставлении пар: «залежь-пашня» и «пашня-сенокос».

Существенным показателем направленности процессов гумусообразования при окультуривании является отношение С:N. Величина отношения С:N отражает роль азотсодержащих соединений в образовании гумусовых веществ: чем оно меньше, тем больше обогащена азотом молекула гумусовых кислот [Кленов, 1981].

Исходя из характеристики гумусного состояния почв [Орлов, 1981], обеспеченность гумуса азотом в постагрогенных серых почвах можно охарактеризовать как «низкую» (диапазон отношения С:N от 11 до 14) и

«среднюю» (диапазон отношения С:N от 9-11). В почве залежи обеспеченность гумуса азотом несколько ниже в слое 0-10 см и составляет 11,3 по сравнению со слоем 10-20 см, где отношение С:N равно 10,9. При введении залежи в пашню обогащенность гумуса азотом несколько снижается, но также находится в пределах низкой (12,3). В слое 10-20 см отношение С:N среднее, так как его значение составляет 10,9. При использовании залежи под сенокос отношение углерода к азоту в слое 0-10 см составляет 11,1, резко снижаясь в слое 10-20 см, на что указывает повышение величины С:N до 13,1.

Отношение С:N в почвах всех объектов варьирует в пространстве незначительно. Коэффициенты варьирования не превышают 20%. Установлены достоверные различия С:N при сопоставлении пашни и сенокоса в слое 0-10 см ( $t_{\text{факт}}=2,5$ ), указывающие на более высокую обогащенность гумуса азотом почвы сенокоса. В слое почв 10-20 см зафиксировано более высокое статистически достоверное увеличение отношение углерода к азоту на залежи и пашне. При теоретическом значении критерия Стьюдента, равном 2,1, фактическое значение составляет 3,5.

Водорастворимый гумус составляет незначительную часть валового гумуса. Его количество в почве зависит от соотношения влаги, воздуха и тепла. В целом, если в почве одновременно достаточно воды и воздуха, при высокой температуре, в ней содержится большое количество водорастворимого гумуса. В таких условиях создаются наиболее благоприятные факторы для максимального развития микроорганизмов и, следовательно, биохимических процессов, вызывающих разложение органических веществ с превращением их в водорастворимую форму [Добровольский, Урусевская, 1984].

Выявлено, что максимальным количеством водорастворимого гумуса характеризуются почвы залежи. Содержание его составляет от 0,106 до 0,086% по слоям отбора (рис. 12). В почве пашни и сенокоса отмечается снижение данного показателя плодородия. Увеличение водорастворимого гумуса на залежи и сенокосе статистически достоверно при сравнении с пашней. На залежи создаются наиболее благоприятные условия увлажнения и плотности почвы в

сравнении с пашней и сенокосом. В почве пашни зафиксировано минимальное количество водорастворимого гумуса. Его варьирование в пространстве здесь также слабо выражено, так как величины Cv не превышает 13% (табл. 5).

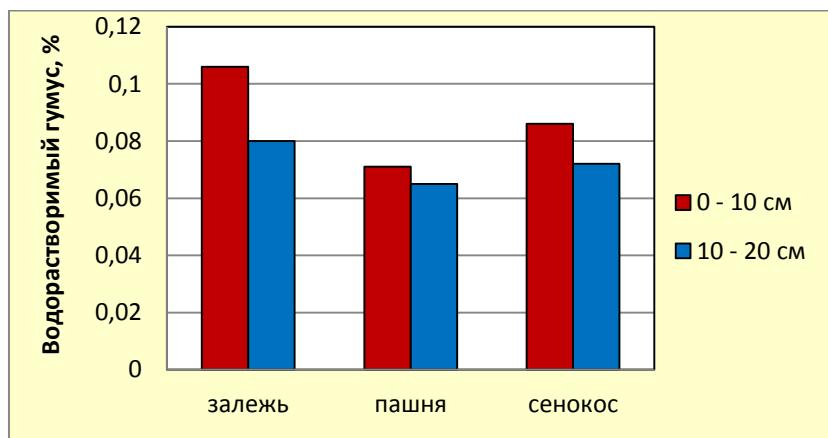


Рисунок 12 – Содержание водорастворимого гумуса в почвах, % (2011-2012 гг.)

Реакция почвы является одним из основных диагностических показателей почвообразовательных процессов. Она оказывает большое влияние на развитие растений и почвенных микроорганизмов, на скорость и направленность происходящих в ней химических и биохимических процессов. При обсуждении реакции почв обращается внимание на разность между величинами актуальной и обменной кислотности [Вальков, Казеев, Колесников, 2006]. Большой разрыв между ними (при довольно низком значении  $pH_{KCl}$ ) может служить подтверждением тому, что процессы оподзоливания в этих почвах ослаблены.

По величине актуальной кислотности почвы практически всех объектов исследования, расположенные в Красноярской лесостепи, характеризуются как слабокислые (табл. 5). Величина  $pH_{H_2O}$  колеблется в пределах 5,5-5,9. На сенокосе в слое 10-20 см отмечено небольшое смещение реакции в более кислую сторону. Наиболее оптимальные значения  $pH_{H_2O}$  характерны для почвы залежей. Они свидетельствуют о слабокислой реакции этих почв в слое 0-10 см и незначительном подкислении в слое 10-20 см. Почвы пашни и сенокоса характеризуются среднекислой реакцией.

Установлено, что пространственная вариация актуальной и обменной кислотности в серых почвах Красноярской лесостепи незначительная, так как коэффициенты вариации не превышают 6%.

В большинстве случаев установлены достоверные различия между парами: «залежь-сенокос», «залежь-пашня». Они свидетельствуют о снижении актуальной и обменной кислотности в почвах залежных участков в сравнении с почвами других объектов.

Гидролитическая кислотность определяет общую потенциальную кислотность почвы, включая актуальную и обменную. Характерна невысокая гидролитическая кислотность для почв всех объектов исследования. Ее значения колеблются в пределах 2,4-2,9 м-моль/100 г почвы. Установлено, что пространственная вариабельность данного показателя во всех почвах характеризуется незначительной степенью. Коэффициент вариации не превышает 20% (табл. 5).

Сумма обменных оснований в почвах зависит от характера использования залежей Красноярской лесостепи. Максимальные значения этого показателя отмечены в слое 0-10 см почв залежи (рис. 13). Самые низкие величины суммы обменных оснований зафиксированы на пашне, освоенной из-под залежи.

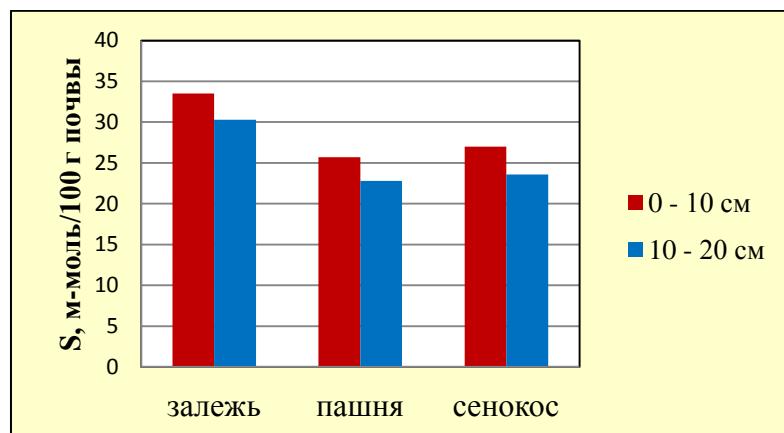


Рисунок 13 – Сумма обменных оснований (S), м-моль/100 г почвы (2011-2012 гг.)

Коэффициенты пространственного варьирования суммы обменных оснований не превышают 20%, что соответствует незначительной вариации этого показателя плодородия.

Установлено достоверное увеличение суммы обменных оснований в почве залежи в сравнении с почвами пашни и сенокоса. Значения  $t_{\text{факт}}$  намного превышают значения  $t_{\text{теор.}}$

В целом за два года исследования серые почвы всех объектов характеризуются высокой степенью насыщенности основаниями, которая составляет 89,7-92,2% и ее минимальным пространственным варьированием. Наиболее насыщены основаниями почвы залежей, особенно в сравнении с сенокосом (табл. 5, приложение 9).

Все превращения железа в почве определяются его основными свойствами как элемента второй группы периодической системы – способностью к легкому (относительно) изменению своей валентности. Присутствие железа в почве в виде  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  обуславливается почвенными режимами, с чем связана растворимость его гидрооксидов. Гидролиз, окисление и восстановление в значительной мере управляют миграцией железа в почве.

Образование в почве значительного количества подвижного двухвалентного железа связано с развитием глеевого процесса. Многие авторы [Сюта, 1962; Ярков Кулаков, Кауричев, 1950 и др.] отмечали, что главную роль в образовании глея играют процессы восстановления железа и последующий его вынос. Развитие восстановительных процессов и появление подвижного железа в почве зависит от многих факторов, к которым можно отнести условия увлажнения, аэрации почвы, температуры и связанные с подвижным железом химические и биологические процессы, содержание и формы органического вещества, активность микрофлоры [Harssmen, Breeman, 1975; Зонн, 1982].

Положительная роль железа в образовании почвенной структуры проявляется в том, что оно является, с одной стороны, связующим звеном между органическим веществом и силикатами, с другой, пленки гидрооксидов и оксидов, покрывающие почвенные агрегаты, делают их более водопрочными [Горбунов, 1978].

Минимальное количество подвижного железа обнаружено в почве залежи (рис. 14). В слое почвы 0-10 см оно составляет 30,5 мг/кг, незначительно увеличиваясь в нижележащем до 35 мг/кг (табл. 5). На пашне отмечено

увеличение подвижного железа практически в два раза в обоих слоях. На сенокосе зафиксированы максимальные значения данного показателя. В слое 0-10 см оно составляет 58 мг/кг почвы, довольно резко повышаясь в слое 10-20 см до 85 мг/кг.

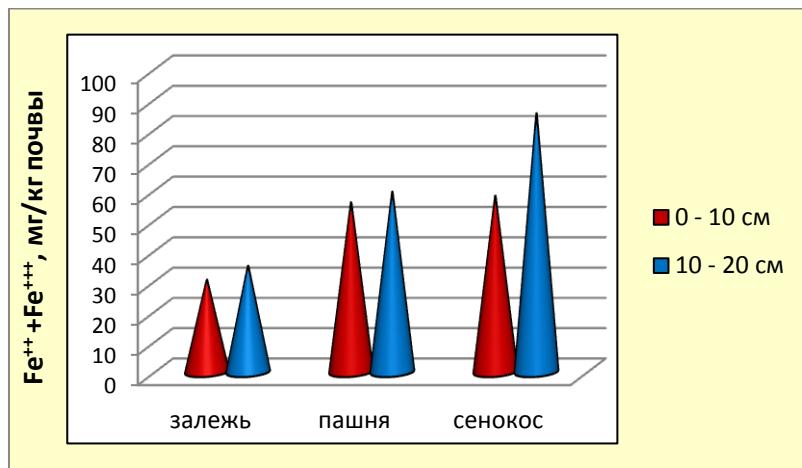


Рисунок 14 – Содержание подвижного железа в почвах, мг/кг (2012 г.)

Как правило, в слое 0-10 см всех почв содержание подвижного железа меньше, чем в слое 10-20 см, что связано с различиями их увлажнения и плотности. Постагогенные серые почвы объектов исследования характеризуются невысоким количеством подвижного железа, что свидетельствует о слабом проявлении процессов их оглеения в верхней части профиля.

Пространственная вариация содержания подвижного железа в почве залежи и сенокоса средняя, а на пашне незначительная. Установлены достоверные различия, свидетельствующие об увеличении подвижного железа на пашне и сенокосе в сравнении с залежью.

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

## 5.2 Основные показатели потенциального плодородия почв Ачинско-Боготольской лесостепи

Результаты изучения свойств постагогенных серых почв Ачинско-Боготольской лесостепи за 2011-2012 гг. представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели плодородия 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, %	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	8,2 17,3 t <sub>1-2</sub> <b>10,5</b>	3,9 7,8 t <sub>2-3</sub> <b>8,9</b>	5,5 9,7 t <sub>1-3</sub> <b>6,2</b>	5,8 12,4 t <sub>1-2</sub> <b>7,5</b>	3,9 8,6 t <sub>2-3</sub> <b>2,7</b>	4,5 12,5 t <sub>1-3</sub> <b>4,5</b>
Нообщ., %	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	0,491 20,7 t <sub>1-2</sub> <b>9,3</b>	0,205 14,6 t <sub>2-3</sub> <b>6,1</b>	0,272 13,7 t <sub>1-3</sub> <b>6,7</b>	0,351 15,3 t <sub>1-2</sub> <b>9,6</b>	0,180 10,2 t <sub>2-3</sub> <b>4,9</b>	0,237 14,8 t <sub>1-3</sub> <b>5,6</b>
Водораст- воримый гумус, %	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	0,109 10,9 t <sub>1-2</sub> <b>12,0</b>	0,071 11,9 t <sub>2-3</sub> <b>5,6</b>	0,086 11,5 t <sub>1-3</sub> <b>7,8</b>	0,089 7,1 t <sub>1-2</sub> <b>15,0</b>	0,068 9,6 t <sub>2-3</sub> <b>3,0</b>	0,074 10,0 t <sub>1-3</sub> <b>3,9</b>
C:N	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	9,8 4,6 t <sub>1-2</sub> <b>4,1</b>	11,0 6,8 t <sub>2-3</sub> <b>2,2</b>	11,8 4,6 t <sub>1-3</sub> <b>6,6</b>	9,7 5,1 t <sub>1-2</sub> <b>6,6</b>	12,4 9,7 t <sub>2-3</sub> <b>3,2</b>	11,0 10,0 t <sub>1-3</sub> <b>5,0</b>
pH <sub>H2O</sub>	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	5,2 5,7 t <sub>1-2</sub> <b>2,7</b>	5,4 1,9 t <sub>2-3</sub> <b>11,6</b>	4,9 2,3 t <sub>1-3</sub> <b>4,3</b>	5,6 5,0 t <sub>1-2</sub> <b>4,0</b>	5,3 3,5 t <sub>2-3</sub> <b>10,9</b>	4,7 3,1 t <sub>1-3</sub> <b>11,3</b>
pH <sub>KCl</sub>	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	4,4 4,9 t <sub>1-2</sub> <b>0</b>	4,4 3,3 t <sub>2-3</sub> <b>8,5</b>	4,1 4,3 t <sub>1-3</sub> <b>6,9</b>	4,6 6,5 t <sub>1-2</sub> <b>2,6</b>	4,3 3,4 t <sub>2-3</sub> <b>7,5</b>	3,9 5,6 t <sub>1-3</sub> <b>2,6</b>
S, м-моль / 100 г	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	33,2 6,5 t <sub>1-2</sub> <b>3,2</b>	28,3 11,8 t <sub>2-3</sub> <b>5,4</b>	36,6 7,0 t <sub>1-3</sub> <b>3,2</b>	32,2 5,3 t <sub>1-2</sub> <b>6,8</b>	23,3 13,2 t <sub>2-3</sub> <b>4,5</b>	31,0 8,8 t <sub>1-3</sub> <b>1,7</b>
Нг, м-моль / 100 г	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	5,5 3,4 t <sub>1-2</sub> <b>17,4</b>	4,0 4,4 t <sub>2-3</sub> <b>12,3</b>	5,3 5,0 t <sub>1-3</sub> <b>1,9</b>	5,4 3,5 t <sub>1-2</sub> <b>12,5</b>	4,0 6,8 t <sub>2-3</sub> <b>10,4</b>	5,3 4,9 t <sub>1-3</sub> <b>0,9</b>
V, %	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	85,9 1,2 t <sub>1-2</sub> <b>3,0</b>	87,7 1,7 t <sub>2-3</sub> <b>0,5</b>	87,4 0,8 t <sub>1-3</sub> <b>3,8</b>	85,8 0,5 t <sub>1-2</sub> <b>0,9</b>	85,1 2,4 t <sub>2-3</sub> <b>0,1</b>	85,2 1,3 t <sub>1-3</sub> <b>1,9</b>
Подвижное железо, мг/кг	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	156,7 4,4 t <sub>1-2</sub> <b>0,8</b>	133,0 1,8 t <sub>2-3</sub> <b>12,0</b>	79,1 12,2 t <sub>1-3</sub> <b>2,7</b>	113,7 19,0 t <sub>1-2</sub> <b>2,4</b>	145,7 14,1 t <sub>2-3</sub> <b>8,4</b>	68,1 5,9 t <sub>1-3</sub> <b>4,6</b>

Гумус представляет собой относительно динамичную составную часть почвы, подвергающуюся количественным и качественным изменениям под влиянием целого ряда факторов, среди которых ведущим является хозяйственная деятельность человека. При распашке серых почв увеличивается численность и активность микроорганизмов, минерализующих поживные остатки и органическое вещество почвы. Нарушение агротехнологии, игнорирование минеральных и органических удобрений при сельскохозяйственном использовании серых почв приводят к снижению плодородия.

Современные представления об агрономической ценности гумуса основываются на двойственности состава органических соединений в почве: первая представляет собой устойчивые вещества, которые формируются в течение длительного времени, вторая – лабильные соединения, представляющие собой легкоразлагаемые формы органических веществ.

Установлено максимальное содержание гумуса в почве залежи Ачинско-Боготольской лесостепи. Оно составляет в слое 0-10 см 8,2%, что свидетельствует о высокой степени гумусированности. Прежде всего, это связано с очень развитым травянистым покровом, который дает большое количество органического вещества для дальнейшего его превращения. На пашне снижение содержания гумуса идет за счет разложения лабильных органических соединений, 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.

В слое 10-20 см содержание гумуса снижается до среднего уровня. В почве пашни, освоенной из-под залежи, зафиксировано самое низкое количество гумуса. Оно составляет 3,9% в обоих слоях почвы и соответствует низкой степени гумусированности (рис. 15). По содержанию гумуса почва сенокоса занимает среднее положение.

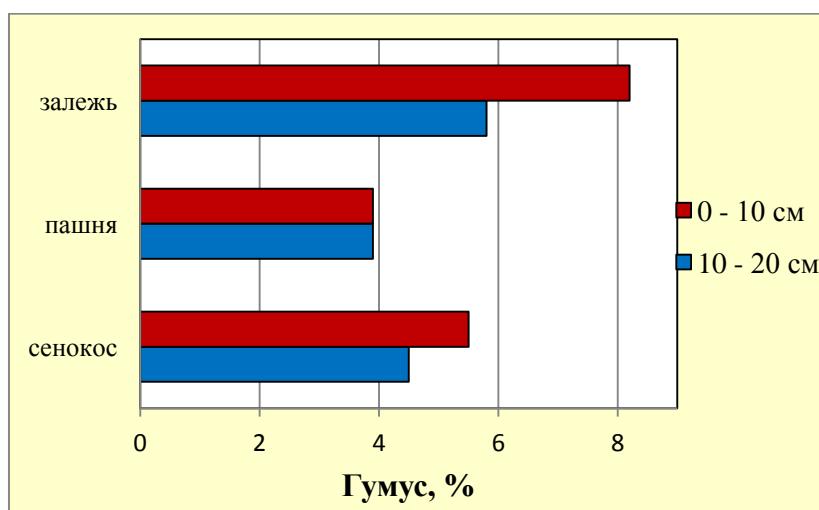


Рисунок 15 – Содержание гумуса в почвах, % (2011-2012 гг.)

При распашке залежи существенно усиливается процесс минерализации органического вещества, происходит механические потери органического вещества, что приводит к резкому снижению гумуса, даже в первые годы освоения. По мнению Б.М. Кленова [2000] при распашке серых целинных почв могут происходить потери гумуса до 40% в зависимости от первоначального его содержания. Ю.Н. Платонычева с соавт. [2011] указывают, что уже через год после распашки залежи содержание гумуса в серой почве снижается на 0,4%.

Установлено статистически достоверное увеличение содержания гумуса в почвах залежи и сенокоса в сравнении с почвой пашни (значения  $t_{\text{факт}}$  значительно превышают  $t_{\text{теор}}=2,1$ ).

Б.П. Ахтырцев [1979] свидетельствует о том, что обработка серых почв ускоряет минерализацию органических остатков и гумуса в верхних горизонтах. Интенсивность ее высока в первые годы освоения почв, а затем постепенно затухает до установления динамического равновесия между синтезом и минерализацией гумуса, характерных для новых условий.

Коэффициенты пространственного варьирования содержания гумуса в почвах невысокие. Они указывают на выравнивание пространственной пестроты по этому показателю в результате повторного освоения залежей и введения их в пашню (приложение 10).

Уровень азотонакопления в серых почвах определяется условиями их формирования. Высокое содержание азота, как свидетельствуют материалы Т.П. Славиной [1978], характерно для темных серых ( $0,4 \pm 0,02\%$ ), меньше – для серых ( $0,27 \pm 0,02\%$ ) и светло-серых ( $0,18 \pm 0,003\%$ ) почв.

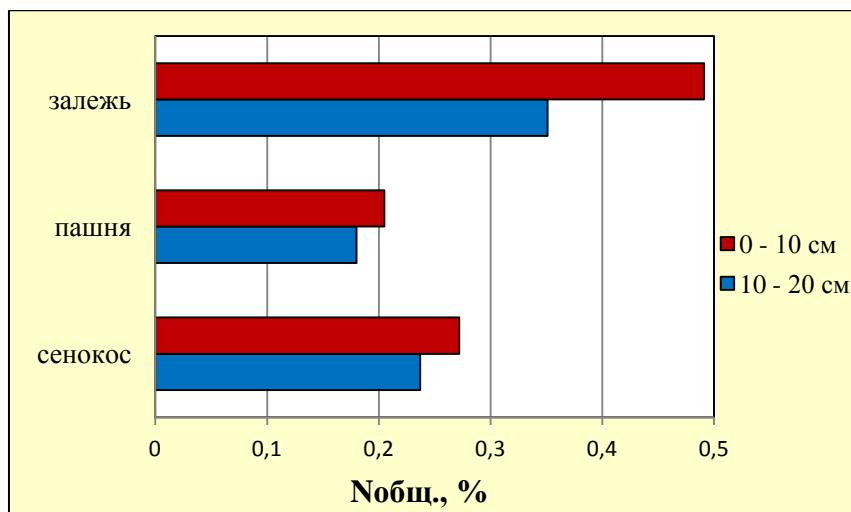


Рисунок 16 – Содержание общего азота в почвах, % (2011-2012 гг.)

Нами установлено, что серые почвы Ачинско-Боготольской лесостепи различаются по количеству общего азота в зависимости от способа использования (рис.16).

Максимальное количество общего азота 0,351-0,491% получено в почве залежи, при сравнении с почвами пашни и сенокоса, как в слое 0-10 см, так и 10-20 см. Минимальное содержание общего азота выявлено в почве пашни в оба года исследования, что коррелирует с содержанием гумуса. Почвы сенокоса занимают промежуточное положение и характеризуются средним уровнем содержания общего азота. В почвах всех объектов содержание общего азота заметно снижается в слое 10-20 см по сравнению с вышеприведенным.

Коэффициенты пространственного варьирования содержания общего азота не превышают 20%, что свидетельствует о незначительной степени пространственной изменчивости этого показателя. Достоверное увеличение содержания общего азота в почвах залежи и сенокоса в сравнении с почвой пашни установлено по критерию Стьюдента (табл. 6).

Степень обогащенности гумуса азотом постагротических серых почв Ачинско-Боготольской лесостепи средняя и низкая. Почва залежи отличается самым узким соотношением С:N, что указывает на среднюю обогащенность гумуса азотом. В почве пашни отношение С:N более широкое в обоих слоях. Почвы сенокоса по этому показателю также занимают промежуточное

положение. Однако, в слое почвы 10-20 см на сенокосе отношение углерода к азоту сужается до 10,7, что связано с более богатым травяным покровом этих объектов в Ачинско-Боготольской лесостепи и более оптимальными условиями разложения органического вещества.

Содержание и состав водорастворимых компонентов являются важными диагностическими признаками трансформации органических веществ почвы. Нарушение сложившегося в природе динамического равновесия синтеза-распада органических веществ при вовлечении почв в сельскохозяйственный оборот приводит к изменению состава и количества его наиболее подвижной водорастворимой фракции.

Максимальное количество водорастворимого гумуса отмечено в почве залежи (рис. 17). При введении залежи в пашню и использовании под сенокос, содержание водорастворимого гумуса заметно снижается в обоих слоях почвы.

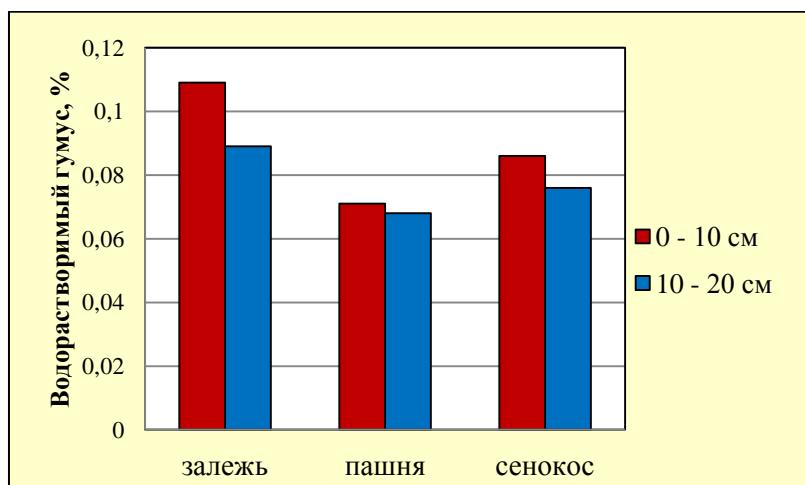


Рисунок 17 – Содержание водорастворимого гумуса в почвах, % (за 2011-2012 гг.)

Установлено статистически достоверное увеличение содержания водорастворимого гумуса на залежи и сенокосе в сравнении с пашней. Пространственное варьирование этого показателя очень слабое. Су колеблется от 4,4 до 9%.

Оценивая актуальную и обменную кислотность в постагрогенных серых почвах Ачинско-Боготольской лесостепи выявлено, что по значению  $pH_{H2O}$  почвы характеризуются на залежи как среднекислые в слое 0-10 см и слабокислые в слое

10-20 см. Значения  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  составляют здесь 5,2 и 5,6 единиц, соответственно. На пашне в обоих слоях почвы величина  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  несколько ниже – 5,4 единиц, что свидетельствует о слабокислой реакции. Более высокой степенью кислотности характеризуется почва сенокоса, где величина  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  равна 4,9 и 4,7 по слоям отбора (табл. 6). Разрыв между актуальной и обменной кислотностью составляет от 0,8 до 1,3, что также указывает на слабую степень оподзоленности.

По значениям  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  почвы характеризуются средней и сильной степенью кислотности. Наименьшая кислотность характерна для почвы залежи, где биогенная аккумуляция зольных веществ более выражена. Установлено статистически доказуемое подкисление почвы на сенокосе в сравнении с залежью и пашней. Пространственное варьирование актуальной кислотности в почвах исследуемых объектов очень низкое. Коэффициенты вариации актуальной и обменной кислотности незначительные и не превышают 12%. На низкие величины пространственного варьирования этих форм кислотности указывают работы В.В. Токавчука [2010] и др.

Максимальная гидролитическая кислотность зафиксирована в почве залежи (табл. 6). На пашне значения гидролитической кислотности свидетельствуют о слабокислой реакции среды. В почве сенокоса гидролитическая кислотность почти такая же по величине, как на залежи. Самая низкая гидролитическая кислотность установлена на пашне. Не отмечено существенных различий по величине гидролитической кислотности в почвах залежи между слоями отбора.

Наиболее высокая сумма обменных оснований зафиксирована в почве сенокоса. Она составляет в слое 0-10 см 36,6 м-моль/100 г почвы. При введении залежи в пашню происходит существенное уменьшение этого показателя до 23,3-28,3 м-моль/100 г почвы (рис. 18).

Коэффициенты пространственного варьирования суммы обменных оснований также очень незначительные, особенно на залежи. В большинстве случаев различия по гидролитической кислотности и сумме обменных оснований статистически достоверны.

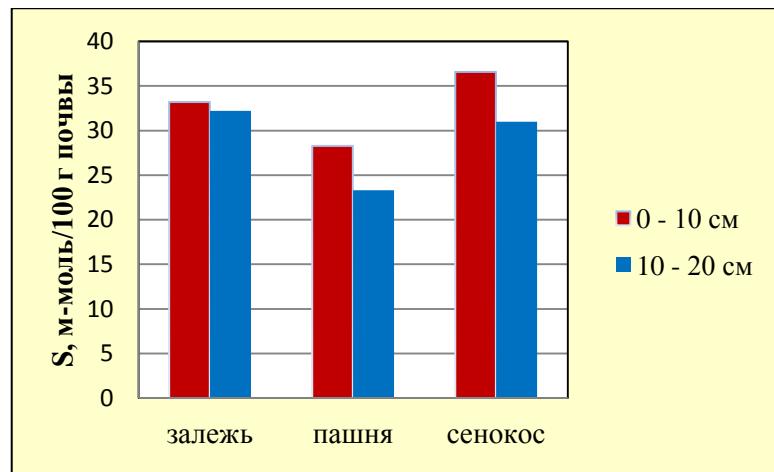


Рисунок 18 – Сумма обменных оснований ( $S$ ) в почвах, м-моль/100 г почвы (2011-2012 гг.)

Степень насыщенности основаниями почв всех объектов исследования высокая. Максимальная насыщенность основаниями зафиксирована в слое почвы 0-10 см на залежи и сенокосе (табл. 6).

При исследовании глеевых процессов в природных условиях основное внимание уделяется изменению окислительно-восстановительного потенциала и восстановлению сульфидов, нитратов, марганца и в первую очередь железа, свидетельствующего о проявлении процессов оглеения. Установлено, что в почве залежи образуется максимальное количество подвижного железа (рис. 19).

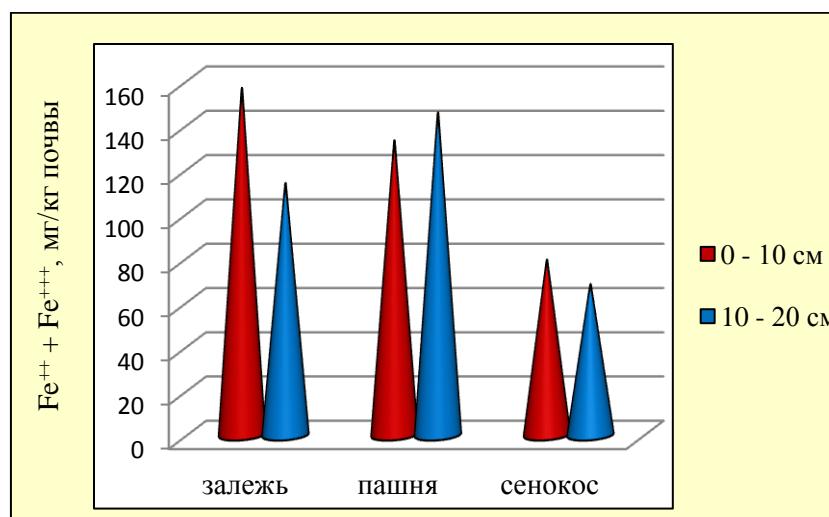


Рисунок 19 – Содержание подвижного железа в почвах, мг/кг (2012 г.)

Это объясняется более высокой влажностью почвы на залежи, образованием застойных явлений в периоды избыточного атмосферного увлажнения и сменой окислительно-восстановительных условий, ведущих к накоплению подвижного

железа. При более высоком содержании водорастворимого гумуса и подвижного железа в постагогенных серых почвах залежей Ачинско-Боготольской лесостепи развиваются элювиально-глеевые явления. Это подтверждается морфологическими признаками при полевом описании почв данного района по наличию охристых примазок и более выраженных кутан иллювиирования на гранях структурных отдельностей в горизонте ВТ.

Таким образом, изученные серые почвы Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепи при различном направлении их использовании за два года исследования имеют общие черты:

- максимальные значения содержания гумуса, общего азота, водорастворимого гумуса, суммы обменных оснований, а также степени насыщенности основаниями характерны 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;
- по показателям потенциального плодородия почвы сенокоса занимают промежуточное положение между почвами залежи и пашни.

### **5.3 Основные показатели эффективного плодородия серых почв лесостепной зоны Красноярского края**

Функционирование залежных почв, их восстановление – процесс очень длительный. Формирующийся естественный травостой залежной почвы, путем поступления отмирающей органики в почву постепенно восстанавливает уровень ее плодородия. Индикаторами состояния почвенной системы по уровню плодородия, наряду с величиной ежегодной урожайности биомассы, являются содержание в почве минерального азота, доступного фосфора и обменного калия [Чуб, 1989, Чуб, Медведев, Гюрова, 1998; Медведев, 1999, 2005]. Они относятся к

показателям действительного (эффективного) плодородия и направленности почвенных процессов.

Один из основных диагностических признаков состояния пашни, это уровень и структура минерального азота, который косвенно может характеризовать окислительно-восстановительные процессы. Нитраты, нитриты, водорастворимый и обменный аммоний представляют собой минеральные формы азота, которые служат непосредственным источником азотного питания растений. Однако, содержание их крайне мало и составляет всего 1-2% от валового количества азота.

Содержание в почве минеральных форм азота весьма непостоянно. Его накопление в почве зависит от интенсивности процессов минерализации органического вещества и скорости биологического синтеза новых азотсодержащих органических соединений. Минерализация органического вещества зависит от количества азота в почве и интенсивности протекающих в ней биохимических процессов, которые, в свою очередь, тесным образом, связаны с гидротермическими условиями [Васильев, 2008].

Источником органического азота на залежных участках могут служить отмирающие ежегодно растения и их корневая система, населяющие почву грибы, бактерии, черви, насекомые и более крупные живые существа. Биологические процессы, связанные с образованием в почве аммонийных соединений, имеют первостепенное значение для питания растений. Эти процессы могут хорошо протекать в условиях, благоприятствующих жизнедеятельности микроорганизмов в почве. Таким условиям отвечает рыхлая почва, облегчающая приток в нее воздуха, достаточно влажная, теплая и не кислая, кроме того, необходим запас органических веществ, подвергающихся микробиологическому распаду [Гамзиков, 1981; Чупрова, 1997; Назарюк, Калимуллина, 2010].

Результаты изучения показателей эффективного плодородия постагренических серых почв Красноярского края представлены в таблице 7 и приложении 11.

Максимальное количество нитратного азота зафиксировано в почве залежи. Оно составляет в слое почвы 0-10 см 12,1 мг/кг, что соответствует повышенной обеспеченности (4 класс). В слое 10-20 см содержание нитратного азота снижается до второго класса и составляет 5,0 мг/кг почвы.

Таблица 7 – 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-N0 <sub>3</sub>	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	12,1 58,4 t <sub>1-2</sub>	5,8 79,9 t <sub>2-3</sub>	3,2 47,9 t <sub>1-3</sub>	5,0 58,2 t <sub>1-2</sub>	5,0 63,2 t <sub>2-3</sub>	1,8 28,7 t <sub>1-3</sub>
N-NH <sub>4</sub>	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	11,3 24,9 t <sub>1-2</sub>	5,4 79,5 t <sub>2-3</sub>	5,8 18,5 t <sub>1-3</sub>	10,1 31,0 t <sub>1-2</sub>	4,6 86,6 t <sub>2-3</sub>	3,4 56,7 t <sub>1-3</sub>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	235,1 38,2 t <sub>1-2</sub>	223,5 27,1 t <sub>2-3</sub>	218 39,9 t <sub>1-3</sub>	128,0 18,2 t <sub>1-2</sub>	194,2 38,4 t <sub>2-3</sub>	109,1 30,9 t <sub>1-3</sub>
K <sub>2</sub> O	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	340,8 43,2 t <sub>1-2</sub>	182,9 9,9 t <sub>2-3</sub>	322,4 40,6 t <sub>1-3</sub>	142,4 12,1 t <sub>1-2</sub>	128,7 14,2 t <sub>2-3</sub>	116,4 16,7 t <sub>1-3</sub>
Ачинско-Боготольская лесостепь							
N-N0 <sub>3</sub>	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	11,3 80,5 t <sub>1-2</sub>	19,8 92,9 t <sub>2-3</sub>	3,2 56,4 t <sub>1-3</sub>	7,8 82,8 t <sub>1-2</sub>	11,3 53,8 t <sub>2-3</sub>	3,3 85,4 t <sub>1-3</sub>
N-NH <sub>4</sub>	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	13,7 44,4 t <sub>1-2</sub>	6,3 78,7 t <sub>2-3</sub>	5,5 18 t <sub>1-3</sub>	11,6 42,4 t <sub>1-2</sub>	5,9 87,8 t <sub>2-3</sub>	5,9 23,6 t <sub>1-3</sub>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	110,0 16,8 t <sub>1-2</sub>	95,1 11,7 t <sub>2-3</sub>	123,6 22,2 t <sub>1-3</sub>	110,6 39,5 t <sub>1-2</sub>	74,2 10,7 t <sub>2-3</sub>	116,6 23,8 t <sub>1-3</sub>
K <sub>2</sub> O	Mср Cv, % t <sub>факт</sub>	216,6 32,3 t <sub>1-2</sub>	149,5 15,1 t <sub>2-3</sub>	137,7 32,5 t <sub>1-3</sub>	101,3 11,7 t <sub>1-2</sub>	93,8 16,6 t <sub>2-3</sub>	95,8 18,5 t <sub>1-3</sub>

Снижение N-N0<sub>3</sub> в почве пашни в большей степени связано с выносом азота высоким урожаем пшеницы. Удобрения здесь не вносятся и возврата растительных остатков для поддержания положительного баланса нитратного азота очень мало.

В почве залежи Ачинско-Боготольской лесостепи содержание  $N\text{-}N0_3$  характеризуется как повышенное в обоих слоях почвы. В освоенной почве пашни содержание  $N\text{-}N0_3$  заметно увеличивается в слое 0-10 см и достигает 19,8 мг/кг почвы, что соответствует высокому классу обеспеченности. При распашке и сельскохозяйственном использовании усиливаются процессы минерализации азотсодержащих органических соединений, приводящие к высвобождению подвижного азота. В слое 10-20 см содержание нитратов снижается до среднего уровня (рис. 20).

В почвах сенокосов обоих районов исследования зафиксированы очень низкие значения  $N\text{-}N0_3$  (1 класс обеспеченности). Они находятся в пределах 1,8-3,3 мг/кг почвы. Слабая нитрификационная активность в этих почвах связана с более кислой реакцией почвенного раствора и отчуждением фитомассы при сенокошении, следовательно, уменьшением энергетического материала для оптимальной жизнедеятельности микроорганизмов, а также уплотнением почвы при работе сеноуборочной техники.

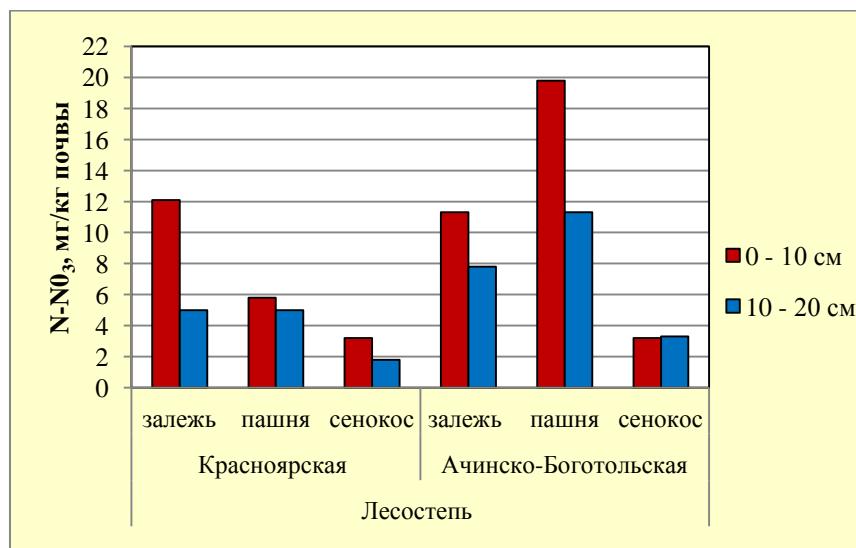


Рисунок 20 – Содержание нитратного азота ( $N\text{-}N0_3$ ) в почвах, мг/кг (2011-2012 гг.)

Пространственное варьирование содержания нитратного азота в целом очень высокое. Коэффициенты вариабельности этой формы азота существенно превышают 20% уровень. Самое высокое варьирование отмечено на пашне в Ачинско-Боготольской лесостепи. Оно составляет 92,9% в верхнем слое почвы.

Введение залежи в пашню увеличило пространственное варьирование содержания  $N-N_0_3$  и в почвах Красноярской лесостепи. На освоенных почвах наблюдается более значительное варьирование содержания нитратного азота по сравнению с залежью и сенокосом (приложение 11). Это связано с тем, что при освоении и распашке, особенно в первые годы, нарушаются физико-механические и водно-физические свойства почв, повышается их пространственная неоднородность, что влечет за собой проявление "пестрополья" по содержанию подвижных питательных веществ.

Установлена высокая достоверность различий в количестве нитратного азота между объектами исследования. При теоретическом значении критерия Стьюдента, равном 2,1, фактическое значение в большинстве случаев значительно выше. Особенно ощутимы различия при сравнении содержания нитратного азота между почвами залежных и пахотных участков (табл. 7).

Серые почвы Средней Сибири характеризуются невысокой нитрификационной и аммонифицирующей способностью и отличаются лишь изменениями содержания в течение вегетационного периода [Гамзиков, 1978; Лапухин, 2000; Мальцев, 2000; Ревенский, 2002]. Неблагоприятный гидротермический режим тормозит нитрификацию аммония и поэтому в почвах этого региона в ряде случаев обменный аммонийный азот преобладает над нитратным азотом.

Почва залежи Красноярской лесостепи характеризуется средним содержанием поглощенного аммония (рис. 21). Количество аммонийного азота составляет 11,3 мг/кг в слое почвы 0-10 см. На пашне отмечено уменьшение содержания этого элемента питания до низкого класса обеспеченности в обоих слоях почвы. Содержание аммонийного азота в почве сенокоса также характеризуется как низкое и очень низкое.

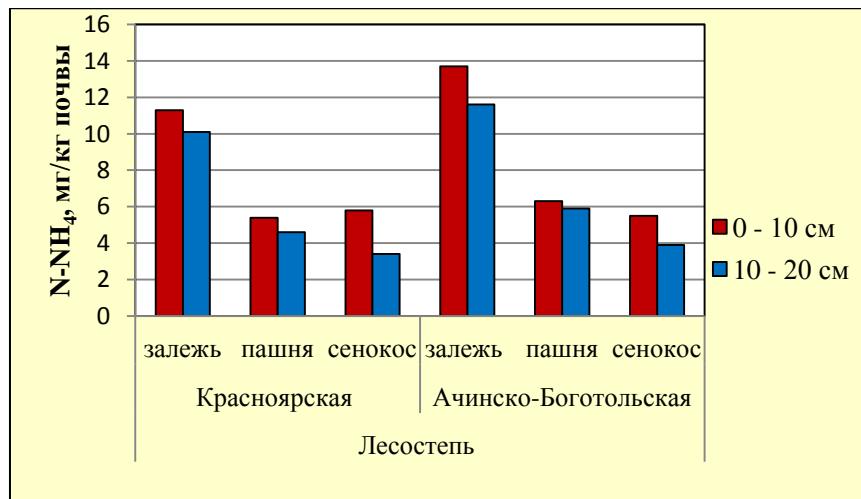


Рисунок 21 – Содержание аммонийного азота (N-NH<sub>4</sub>) в почвах, мг/кг (2011-2012 гг.)

Максимальное содержание аммонийного азота зафиксировано в почве залежи Ачинско-Боготольской лесостепи. Содержание N-NH<sub>4</sub> составляет здесь 13,7 мг/кг в слое почвы 0-10 см и 11,6 мг/кг в слое 10-20 см. Низкое содержание поглощенного аммония характерно для обоих слоев почв пашни, освоенной из-под залежи.

Коэффициенты варьирования по содержанию N-NH<sub>4</sub> в почвах Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепи свидетельствуют, что пространственное варьирование этой формы азота несколько ниже, чем нитратного в почве пашни и сенокоса. Однако, в большинстве случаев оно высокое. Введение залежи в пашню также увеличило пространственную неоднородность содержания аммонийного азота (табл. 7). Самое низкое варьирование поглощенного аммония отмечено в почве сенокоса Ачинско-Боготольской лесостепи (Cv=18,9-23,6%), что соответствует незначительной и средней степени.

Установлена высокая достоверность различий в содержании аммонийного азота между объектами исследования. Особенно ощутимы различия по количеству аммонийного азота в сравнении пар «залежь-пашня», «залежь-сенокос» в обоих слоях почвы.

Фосфор является одним из основных биогенных элементов, участвующих в построении молекул белков, ферментов, нуклеиновых кислот, фосфатов, фитина и других, важных для растений в функциональном отношении соединений. Он в

значительной степени определяет энергетический потенциал растительной клетки. В почвах фосфор представлен минеральными и органическими соединениями, природа которых рассмотрена в работах разных ученых, таких как В.Ф. Чириков [1956], А.Т. Пономарева [1970] и др. По мнению К.Е. Гинзбург [1981] для каждого типа почв существует определенное равновесие в накоплении органических и минеральных соединений фосфора, обусловленное генетическими особенностями, физико-химическими свойствами и степенью окультуренности почв.

Пользуясь региональной градацией по обеспеченности почв подвижным фосфором (метод Кирсанова), установили, что обеспеченность этим элементом питания высокая в слое 0-10 см почв всех объектов исследования Красноярской лесостепи (рис. 20). На залежи и сенокосе в слое почвы 10-20 см количество подвижных фосфатов заметно снижается до средней обеспеченности (3 класс) При освоении залежи в пашню установлено некоторое уменьшение содержания подвижного фосфора. В слое 0-10 и 10-20 см почвы пашни оно составляет, соответственно, 223,5 и 194,2 мг/кг, что соответствует высокому и повышенному классам обеспеченности (табл. 7).

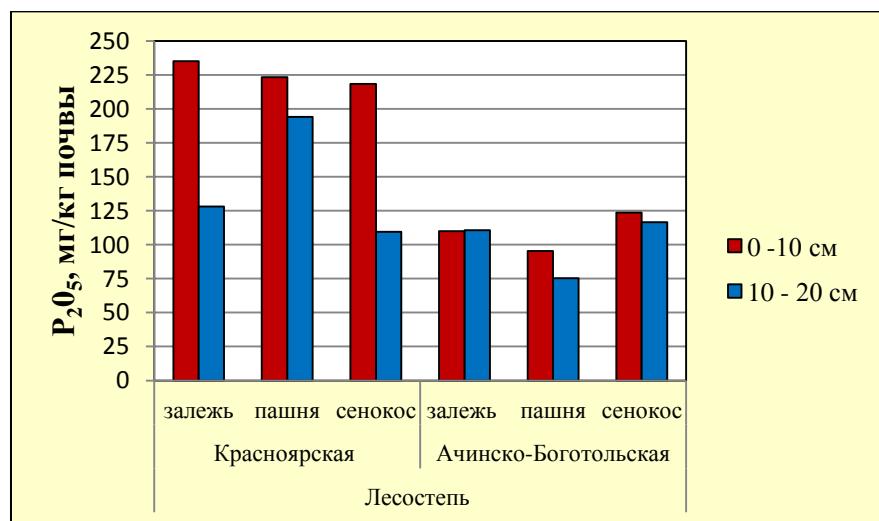


Рисунок 22 – Содержание подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) в почвах, мг/кг (2011-2012 гг.)

Пространственное варьирование содержания подвижного фосфора в серых почвах Красноярской лесостепи, как правило, незначительное. Статистически

доказуемые различия ( $t_{\text{факт}}$ ) по содержанию  $P_2O_5$  в обоих слоях почв между объектами здесь существенны и превышают теоретическое значение (2,1).

Обеспеченность подвижным фосфором почвы залежи и сенокоса Ачинско-Боготольской лесостепи средняя в обоих слоях. В почве пашни содержание  $P_2O_5$  снижается до низкого уровня и составляет, соответственно, 95,1 мг/кг и 74,2 мг/кг почвы (рис. 22).

Пространственная вариация подвижного фосфора в почвах всех объектов исследования в целом невысокая. Коэффициенты варьирования соответствуют незначительной и средней степени ( $Cv=10,7-39,9\%$ ). Здесь не установлены достоверные различия по содержанию  $P_2O_5$  между объектами исследованиями в слое почвы 0-10 см.

Калий – один из основных биогенных элементов. В растительных клетках он регулирует процесс фотосинтеза, активизирует деятельность многих ферментов; повышает гидрофильность коллоидов; усиливает углеводный обмен. Оптимальное обеспечение сельскохозяйственных культур этим элементом улучшает качество продукции, повышая содержание сахара, крахмала и других соединений. Основным источником калийного питания растений является почва, обогащаемая этим элементом в доступной форме за счет выветривания разнообразных калийсодержащих минералов твердой фазы почвы. Очень незначительная часть калия содержится в растительных остатках и гумусе [Якименко, 2003].

Главная роль в обеспечении растений калием на почвах Сибири принадлежит растворимой и обменной его формам [Середина, 1985; Степанов, 1987]. Хорошо известно, что водорастворимые соли калия, образующиеся при разрушении силикатов и разложении органических остатков, содержатся в почве в малых количествах. Их калий, если не усваивается организмами, то поглощается, переходя, прежде всего, в обменное состояние [Прокошев, Дерюгин, 2000].

На рисунке 23 представлено содержание обменного калия в постагрогенных серых почвах Красноярской лесостепи. По количеству обменного калия почвы

отличаются друг от друга. Содержание  $K_2O$  в слое почвы 0-10 см на залежи и сенокосе очень высокое (6 класс обеспеченности), а на пашне повышенное.

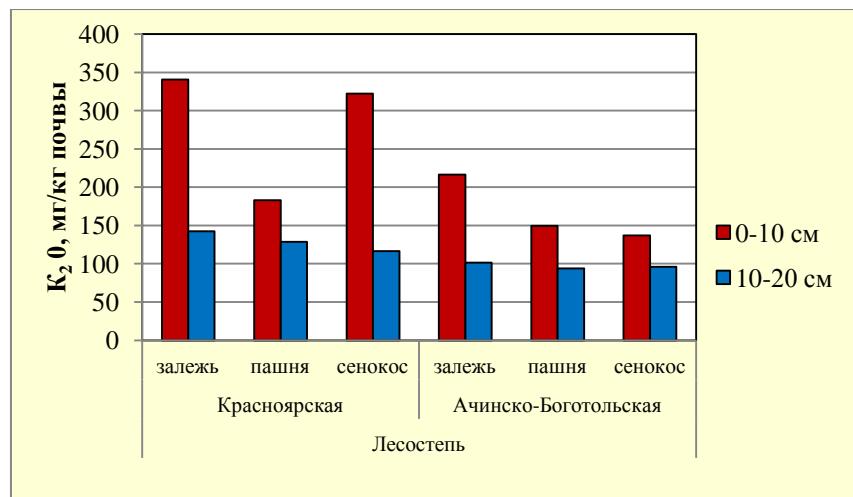


Рисунок 23 – Содержание обменного калия ( $K_2O$ ) в почвах, мг/кг (2011-2012 гг.)

В слое почвы 10-20 см содержание обменного калия заметно ниже в почвах всех объектов и находится в диапазоне 3 класса, что соответствует средней обеспеченности (табл. 7).

В Ачинско-Боготольской лесостепи содержание  $K_2O$  заметно ниже в сравнении с почвами Красноярской лесостепи. Здесь также содержание обменного калия выше в слое 0-10 см в почвах всех объектов. На залежи обеспеченность почвы обменным калием высокая. Его содержание составляет 216,6 мг/кг в слое 0-10 см. В почве пашни и сенокоса обеспеченность обменным калием в 0-10 см слое почвы заметно ниже и характеризуется средней обеспеченностью (рис. 23). В сравнении с пашней и сенокосом отмечено увеличение  $K_2O$  в серых почвах залежи обоих районов исследования.

В то же время самые верхние слои почвы на залежи характеризуются более высоким пространственным варьированием этого элемента. В ряде случаев, различия по содержанию обменного калия, статистически достоверны при сравнении пар «залежь-пашня» и «залежь-сенокос», указывая на его увеличение в почве залежи.

Таким образом, максимальное содержание нитратного азота выявлено в почве залежи Красноярской лесостепи и пашни Ачинско-Боготольской лесостепи.

В почвах сенокоса, за счет уплотнения при сенокошении, отмечено минимальное содержание этой формы азота. Пространственная вариабельность нитратного азота высокая. Обеспеченность почв объектов исследования Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепи аммонийным азотом низкая и средняя. Коэффициенты пространственного варьирования поглощенного аммония несколько ниже, чем нитратного. Максимальным количеством подвижного фосфора и обменного калия характеризуются почвы залежей в обоих районах исследования, указывая на их биогенную аккумуляцию.

#### **5.4 Биологическая активность постагрогенных серых почв**

Плодородие почвы тесно связано с деятельностью почвенных микроорганизмов, под действием которых происходит минерализация органических остатков и гумусообразования, разрушение первичных и вторичных минералов почвообразующих пород и извлечение из них необходимых для растений и почвенных микроорганизмов питательных элементов, микробное связывание молекулярного азота атмосферы симбиотическими, несимбиотическими и ассоциативными азотфиксаторами. Величина численности микроорганизмов является важным показателем, определяющим интенсивность круговорота веществ в экосистемах, и отражает направление почвообразовательных процессов [Паринкина, Клюева 1995]. Микроорганизмам принадлежит главная роль в круговороте азота (азотфиксация, аммонификация, нитрификация, иммобилизация азота, денитрификация), целенаправленное регулирование которого позволит наиболее рационально, экологически обоснованно использовать азотные удобрения [Мищустин, 1984].

Ведущая роль принадлежит микроорганизмам в переводе нерастворимых фосфатов и других питательных элементов в доступные для растений и почвенных микроорганизмов формы. Некоторые почвенные микроорганизмы, благодаря образованию кислот, способны растворять недоступные для растений фосфаты кальция, более стойкие фосфаты железа и алюминия, а также переводить

фосфор из органических веществ в водорастворимую форму [Бабьева, Зенова, 1989]. Под действием микроорганизмов одновременно с процессом гумификации происходит минерализация гумуса. При минерализации гумуса в почвенный раствор переходят не только питательные элементы, особенно азот и сера, но и происходит обогащение приземного слоя воздуха углекислотой, повышающее продуктивность растений на 30-100% и выделение энергии, без которой невозможны жизнедеятельность почвенных организмов и процессы почвообразования. В 1 г гумуса аккумулируется в среднем около 5000 калорий [Звягинцев, 1987].

Высоко гумусированные почвы характеризуются также более высоким содержанием различных физиологически активных веществ микробного происхождения, что положительно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности естественных фитоценозов и качестве растениеводческой продукции. Микробные комплексы, обладая высокой чувствительностью к факторам среды и изменчивостью количественного состава, в то же время характеризуются устойчивостью физиологических функций. Все превращения органического вещества осуществляются очень медленно и, главным образом, при поддержании, а не при активном росте клеток. Прокариоты микробного пула при возникновении благоприятных для их развития условий, т.е. при нарушении равновесного состояния экосистемы, включаются в проведение процессов трансформации органического и неорганического вещества и возвращают систему в состояние гомеостаза [Звягинцев, 1987].

Таким образом, чтобы изменить состав микробоценозов, требуется влияние многочисленных факторов в течение определенного периода времени. Наши исследования показали, что распашка и дальнейшее сельскохозяйственное использование постагротических серых почв изменяет количественные и качественные характеристики микробоценозов. Единый эдафический и климатический фон дал нам возможность оценить влияние антропогенного фактора на эколого-трофические группы микроорганизмов почвы. На структуру, динамику численности, соотношение эколого-трофических групп

микроорганизмов (ЭКТГМ), их функциональную активность существенное влияние, помимо гидротермических условий, оказывают pH почвенного раствора, содержание гумуса, наличие подвижного азота в почве и соотношение С:N. В свою очередь, численность различных ЭКТГМ и как следствие биомасса, наряду с функциональной активностью (аммонификация, азотфиксация, гумусообразование – разложение, целлюлозоразрушение и т.д.), обеспечивают скорость и направленность многих важных почвенно-биологических и биохимических процессов. При анализе численности микроорганизмов, использующих для своего роста азот органических соединений (рост бактерий и микромицетов на МПА), очевидно, что ее величина выше в почвах залежей двух районов, по сравнению с пашней и сенокосом. Это согласуется с высоким содержанием гумуса (7,7-8,2%), особенно в слое 0-10 см (табл. 8). 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 залежных почвах имеют величины, не превышающие единицу (0,7-0,8), что свидетельствует о преобладании органических форм азота над минеральными формами.

Таблица 8 – Численность эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭКТГМ) в серых почвах (2012 г.)

Объект исследования	Глубина, 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 почвах залежей регистрируется максимальная численность микроскопических грибов (рост на СА) – 56-61 млн. КОЕ/г сухой почвы. Микромицеты, также, как олиготрофы (рост на ПА) и олигонитрофилы (рост на Эшби), являются гидролитиками, обладающими ферментами-гидролазами. Эти ферменты осуществляют деструкцию труднодоступных органических соединений (полимеров), которые в большей мере накапливаются в почвах залежей и сенокосных угодий. Именно в этих почвах отмечены наибольшие, по сравнению с пашнями, величины численности микроорганизмов-гидролитиков. В то же время, в почве пашни доминируют прототрофные бактерии и актиномицеты (рост на КАА), относящиеся к группе копиотрофов. Эти микроорганизмы лучше усваивают легкодоступные (минеральные) формы азота в виде аммонийных и нитратных соединений. Поэтому коэффициенты микробиологической минерализации (КАА/МПА) в распаханных почвах бывших залежей превышают единицу и колеблются от 1,1 до 1,4 (табл. 8). Здесь же регистрируются самые низкие коэффициенты олиготрофности по элементам питания (ПА/МПА) и азоту (Эшби/МПА).

Сравнительный анализ комплексов ЭКТГМ в почвах залежей, пашен и сенокосов свидетельствует о том, что потенциально наиболее биогенными (плодородными) являются почвы залежей Красноярской лесостепи. Здесь соотношение основных ЭКТГМ – копиотрофов, гидролитиков и олиготрофов свидетельствует о высокой потенциальной возможности микробных комплексов в мобилизации органических соединений, в том числе гумусовых. Кроме того, коэффициенты микробиологической минерализации (КАА/МПА), близкие к единице, низкие значения коэффициентов олиготрофности (ПА/МПА и Эшби/МПА) говорят о достаточной трофности почв. При распашке залежных земель и увеличении их аэрации неизбежно усиливается мобилизационная активность гетеротрофных аэробных микробных комплексов, изменяются соотношение ЭКТГМ, что приводит к накоплению нитратного и аммонийного азота, к снижению С:N и, в целом, увеличению эффективного плодородия почв.

Микробные комплексы почв залежей Ачинско-Боготольской лесостепи имеют параметры, сопоставимые с микробиоценозами 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 С:N.

Промежуточное положение по микробным показателям имеют почвы сенокосных угодий. Численность микромицетов (54-58 млн. КОЕ), олиготрофов (14,2-15,8 млн. КОЕ), олигонитрофилов (12,2-18,1 млн. КОЕ) здесь имеют величины, более характерные для целинных (залежных) почв, чем пахотных. Высокие значения численности микроскопических грибов (58 млн. КОЕ) в почвах сенокосов Ачинско-Боготольской лесостепи соответствуют здесь самым высоким показателям кислотности почвенного раствора ( $pH=4,6-4,8$ ) и минимальному содержанию подвижного азота.

Таким образом, наиболее высокой биогенностью характеризуются постагогенные 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

Роль физических свойств и режимов почвы в решении задач по регулированию плодородия очень высока. Благоприятные физические свойства и процессы – одно из важнейших условий почвенного плодородия. Физические свойства почвы и физические процессы, протекающие в ней, оказывают огромное влияние на почвообразовательный процесс, плодородие почв, рост и развитие растений.

Режим влажности почв является важным компонентом почвенных процессов, существенно влияющим на солевой, питательный, газовый и температурный режимы. Он играет важную роль в миграции веществ в системе «почва-растение» и во многом определяет плодородие почв.

В условиях лесостепной зоны Красноярского края вопросам изучения водного режима и режима влажности почв были посвящены работы П.С. Бугакова с соавт. [1979], Л.С. Шугалей [1969, 1991] и других. Они отмечали, что динамика влажности почв носит циклический характер. Обобщая материалы по водному режиму серых почв Красноярской лесостепи И.И. Лебедева и Е.В. Семина [1974] высказывали мнение, что он складывается относительно благоприятно, и его нельзя считать лимитирующим фактором получения урожая на этих почвах. Однако, в случае атмосферной засухи, запасы влаги в этих почвах могут быть критическими и приближаться к величине влажности завядания. Основной запас влаги создается в изученных почвах за счет осенних осадков, зимней миграции воды и снеготаяния. Водный режим этих почв относится к периодически промывному, сезонно-мерзлотному типу [Вередченко, 1961; Шугалей, 1969; Бугаков и др., 1979].

Из таблицы 9 следует, что по содержанию влаги в почве вегетационные сезоны 2011, 2012 и 2013 гг. в отношении условий увлажнения значительно различаются между собой (приложение 12, 13).

Таблица 9 – Содержание влаги в постагрогенных серых почвах

Годы, сроки отбора	Стат. параметры	Объекты исследования					
		залежь	пашня	сенокос	залежь	пашня	сенокос
		0-10 см			10-20 см		
Красноярская лесостепь							
28.06.2011	Mcp Cv, % t <sub>факт</sub>	23,6 8,6 <b>4,1</b>	20,4 6,2 <b>2,8</b>	22,6 9,0 1,0	23,1 10,5 <b>3,6</b>	19,9 5,6 <b>3,1</b>	22,3 9,4 0,7
29.08.2011	Mcp Cv, % t <sub>факт</sub>	39,3 6,8 <b>4,3</b>	34,6 5,2 1,4	33,3 6,4	39,0 7,6 <b>4,9</b>	33,5 4,6 0,3	33,1 6,7 <b>4,7</b>
29.06.2012	Mcp Cv, % t <sub>факт</sub>	18,9 12,7 <b>4,3</b>	13,4 11,7 <b>2,6</b>	11,1 10,8	17,4 8,3	14,7 5,3	12,0 5,7
30.08.2012	Mcp Cv, % t <sub>факт</sub>	25,9 24,6 1,0	22,3 0,3 t <sub>2-3</sub>	22,2 7,8 0,1	23,4 7,9 t <sub>1-3</sub>	19,9 6,1 0,9	21,5 11,1 t <sub>1-3</sub>
30.06.2013	Mcp Cv, % t <sub>факт</sub>	17,9 19,1 0,7	16,2 14,4 t <sub>2-3</sub>	16,6 6,2 1,6	17,6 5,4 t <sub>1-3</sub>	17,2 19,8 0,5	16,2 16,3 t <sub>1-3</sub>
30.08.2013	Mcp Cv, % t <sub>факт</sub>	32,7 10,1 <b>6,2</b>	23,8 8,2 t <sub>2-3</sub>	24,8 14,8 0,6	30,4 7,2 t <sub>1-3</sub>	21,1 6,8 t <sub>2-3</sub>	22,4 16,0 t <sub>1-3</sub>
Ачинско-Боготольская лесостепь							
28.06.2011	Mcp Cv, % t <sub>факт</sub>	27,9 8,7 <b>3,4</b>	23,8 11,4 0,2	24,1 11,1 <b>3,1</b>	27,3 7,6 <b>4,3</b>	23,5 7,1 0,1	23,4 10,7 <b>3,6</b>
29.08.2011	Mcp Cv, % t <sub>факт</sub>	40,9 6,6 <b>4,7</b>	35,6 5,7 0,1	35,7 4,8 <b>5,0</b>	40,4 7,1 <b>4,6</b>	34,8 6,3 0,8	35,5 4,7 <b>4,7</b>
29.06.2012	Mcp Cv, % t <sub>факт</sub>	21,9 13,1 <b>10,3</b>	11,6 19,7 t <sub>2-3</sub>	12,5 13,5 0,9	23,6 23,6 <b>5,0</b>	18,6 18,6 t <sub>2-3</sub>	15,1 15,1 <b>8,5</b>
30.08.2012	Mcp Cv, % t <sub>факт</sub>	33,2 2,4 <b>4,9</b>	28,3 1,9 t <sub>2-3</sub>	30,2 6,0 1,9	32,5 1,7 t <sub>1-3</sub>	27,4 2,9 t <sub>2-3</sub>	28,1 9,2 t <sub>1-3</sub>
30.06.2013	Mcp Cv, % t <sub>факт</sub>	27,6 5,5 t <sub>1-2</sub>	21,2 17,1 t <sub>2-3</sub>	21,3 16,1 0,03	24,4 5,7 t <sub>1-2</sub>	22,8 12,3 t <sub>2-3</sub>	22,6 17,1 t <sub>1-3</sub>
30.08.2013	Mcp Cv, % t <sub>факт</sub>	40,2 3,4 <b>12,3</b>	24,6 7,1 t <sub>2-3</sub>	23,7 3,0 0,8	38,3 7,8 t <sub>1-3</sub>	26,9 11,7 t <sub>2-3</sub>	20,7 15,8 t <sub>1-3</sub>
				<b>18,5</b>	<b>4,5</b>	<b>2,4</b>	<b>6,8</b>

Рассмотрим подробнее динамику влажности постагрогенных серых почв по годам исследования. Максимальная влажность зафиксирована в почвах залежей обоих районов исследования, как в первый, так и второй срок определения. В целом влажность почв в 2011 г. имеет схожую динамику в обоих районах

исследования (рис. 24). Этот год характеризовался достаточно оптимальными гидротермическими условиями (температура и сумма осадков были выше среднемноголетних значений) в обоих районах (приложение 14, 15). Самая высокая влажность зафиксирована в почве залежи обоих районов, как в первый, так и второй срок отбора в слое 0-10 см.

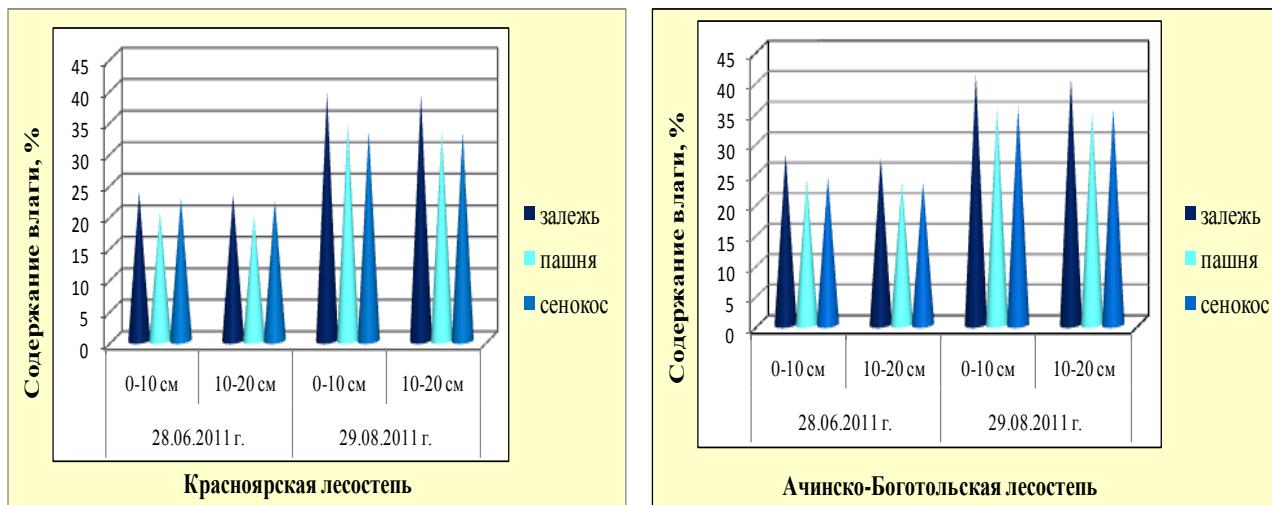


Рисунок 24 – Содержание влаги (%) в почвах, (2011 г.)

В июне 2012 г. погодные условия сопровождались высокой среднесуточной температурой воздуха и малым количеством осадков, поэтому влажность почв всех объектов исследования как Красноярской, так и Ачинско-Боготольской лесостепи низкая (влажность в этот период составляла всего 33,9-53,9% от нормы) (приложение 14, 15). Установлено, что максимальная влажность почв в первый срок отбора зафиксирована в почве залежи Красноярской лесостепи (0-10 см). Содержание влаги составляет здесь 18,9%, что связано с лучшей оструктуренностью и оптимальной плотностью почвы в сравнении с другими объектами. Самые неблагоприятные условия для развития растений складывались в почве пашни и сенокоса, где влажность почвы граничила с влажностью завядания и составляла 13,4% и 11,1%, соответственно (рис. 25). Второй период отбора образцов характеризовался увеличением количества осадков, что повлияло на повышение влажности почв всех объектов. Диапазон значений по содержанию влаги колебался в пределах 19,9-25,9%. В постагротических серых почвах залежей Ачинско-Боготольской лесостепи влажность почвы всех объектов выше, чем в почвах Красноярской лесостепи.

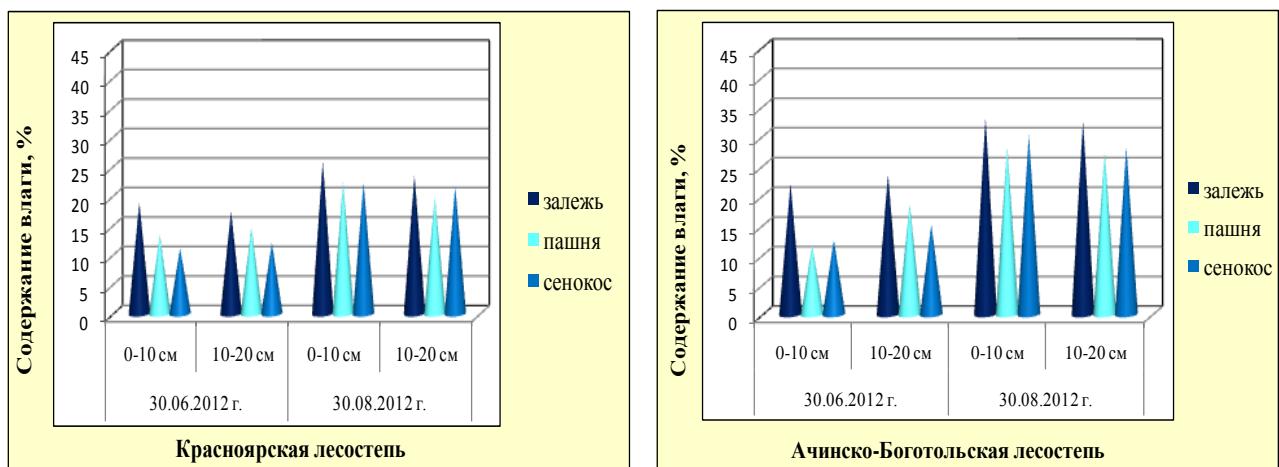


Рисунок 25 – Содержание влаги (%) в почвах (2012 г.)

В 2012 г. почва залежи Ачинско-Боготольской лесостепи характеризуется более высокой влажностью почвы в сравнении с почвой пашни и сенокоса. В почве пашни можно отметить минимальную влажность в слое почвы 0-10 см (11,6%), тогда как в слое 10-20 см она составляла 18,6%. Невысокие значения влажности почв данной лесостепи также связаны с неблагоприятными метеорологическими условиями, сложившимися в июне 2012 г. В августе влажность почв объектов исследования была существенно выше за счет атмосферных осадков и находилась в пределах 27,4-33,2%.

Во второй срок отбора образцов характерна более высокая влажность почв всех объектов в сравнении с первым сроком. Максимальное содержание влаги отмечено в почвах залежей обоих районов. Почвы залежей Ачинско-Боготольской лесостепи характеризуются более благоприятным режимом влажности, чем в Красноярской лесостепи. Сумма осадков в обоих районах исследования в первый срок учета ниже нормы в два раза и температура существенно выше (приложение 14, 15). В целом, 2012 г. характеризовался достаточно низкой влажностью почв, особенно в начальные периоды вегетации, что отрицательно сказалось на росте и развитии растений. Сравнивая почвы залежей, пашен и сенокосов по содержанию влаги в обоих районах можно утверждать, что содержание общей почвенной влаги в 2012 г. выше в Ачинско-Боготольской лесостепи.

Существенные различия по содержания влаги наблюдалась в постагротических залежных почвах Красноярской лесостепи в 2013 г. Здесь в

почвах всех объектов исследования количество влаги существенно ниже в первый срок учета. Сумма осадков составляла в этот период 70% от нормы (приложение 14). Наиболее сильное изменение содержания влаги отмечено на залежах, где оно колебалось от 15% до 20% в первый срок отбора и от 22 до 33% во второй (рис. 26).

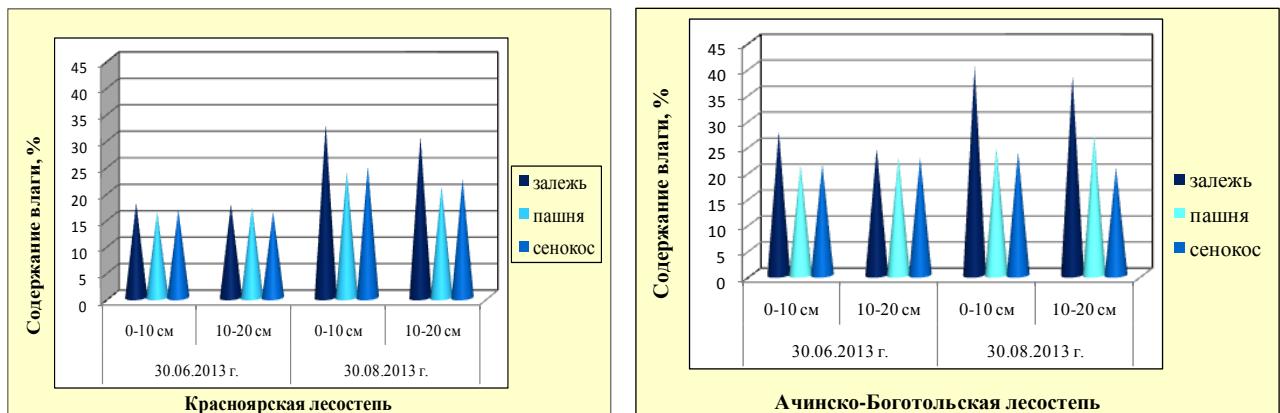


Рисунок 26 – Содержание влаги (%) в почвах, (2013 г.)

Небольшие различия по влажности почв отмечены в почве пашни и сенокоса. Невысокая влажность почв на пашне объясняется быстрым испарением влаги с поверхности почвы, так как поле было оставлено под чистый пар с нарушением агротехнологии (не своевременная обработка поля).

Динамика влажности в почвах залежей Ачинско-Боготольской лесостепи по данным 2013 г. свидетельствует, что максимальное количество влаги в почве залежей зарегистрировано во второй срок отбора почвенных образцов. Это связано с увеличением количества атмосферных осадков в этот период определения (приложение 15). В почве пашни и сенокоса содержание влаги примерно одинаковое. Во второй срок отбора отмечено снижение влажности на сенокосе в слое почвы 10-20 см (рис. 26).

В целом установлено, что динамика влажности постагрогенных серых почв залежей Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепи имеет однотипный характер, но разную количественную оценку по годам.

А.Ф. Вадюниным и З.А. Корчагиным [1986] была предложена шкала для оценки продуктивной влаги в 0-20 см слое почвы: > 40 мм – хорошие запасы; 40-20 – удовлетворительные; < 20 – неудовлетворительные. Анализируя запасы

продуктивной влаги (мм) в районах исследования можно сделать вывод, что постагогенные серые почвы Красноярской лесостепи в первую половину вегетации характеризуются неудовлетворительными запасами (табл. 10). В Ачинско-Боготольской лесостепи запасы продуктивной влаги в этот срок характеризуются в почве залежи как удовлетворительные, а на пашне и сенокосе как неудовлетворительные.

Таблица 10 – 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

Запасы продуктивной влаги в 0-20 см слое почв Красноярской лесостепи в 2011 г. оцениваются, как удовлетворительные в первый срок, и хорошие во второй срок на всех объектах (табл. 10). В 2012-2013 гг. первый срок учета характеризуется неудовлетворительными запасами продуктивной влаги в почвах. Самые минимальные значения зафиксированы на сенокосе (2,8 мм) и на пашне (6,0 мм) в 2012 г. В августе содержание продуктивной влаги повышается и характеризуется как удовлетворительное во всех почвах. Исключение составляет почва залежи в 2013 г. Здесь запасы продуктивной влаги оцениваются как хорошие (44,9 мм). Максимальные запасы влаги отмечены на залежи во все сроки определения. В. первый срок определения в 2011 и 2013 гг. они оцениваются как удовлетворительные (23,0-31,9 мм). Невысокие запасы продуктивной влаги в середине лета, особенно в 2012 г, связаны с засушливым вегетационным периодом этого года, о чем упоминалось выше. В 2012 г. в первый срок учета почва залежи характеризуется удовлетворительными запасами влаги, а на пашне и

сенокося они ниже и оцениваются как неудовлетворительные. В августе запасы продуктивной влаги существенно повышаются в почвах всех объектов исследования.

Самые высокие запасы влаги установлены в почве залежи Ачинско-Боготольской лесостепи во все сроки определения. Запасы продуктивной влаги значительно выше в почвах Ачинско-Боготольской лесостепи по сравнению с Красноярской.

Статистическая оценка запасов продуктивной влаги свидетельствует о более высоком варьировании этого показателя в первый срок, особенно на пашне. Неоднородность распределения в пространстве запасов влаги в почвах объектов исследования во второй срок незначительная, особенно в почвах Ачинско-Боготольской лесостепи (приложение 16).

В первый срок определения установлены достоверные различия при сравнении пар «залежь-пашня» и «залежь-сенокос» в обоих районах исследования, указывающие на существенное увеличение запасов влаги в почвах залежей. Не обнаружены достоверные различия по запасам продуктивной влаги между объектами исследования в Красноярской лесостепи во второй срок. В то же время, при теоретическом значении критерия Стьюдента, равном 2,1 фактическое значение существенно выше при сравнении пар: «залежь-пашня», «залежь-сенокос» в почвах Ачинско-Боготольской лесостепи. Эти значения составляют 6,1 и 2,4, достоверно свидетельствуя о более высоких запасах влаги в почвах залежи.

Таким образом, максимальные запасы продуктивной влаги отмечены в почвах чистых залежей обоих районов исследования. Более высокая влажность характерна для почв Ачинско-Боготольской лесостепи.

## **6.2 Структурное состояние почв Красноярской лесостепи**

Структурному составу принадлежит важнейшая роль в формировании почвенного плодородия. Почвенный агрегат служит основным «запасающим»

объемом почвенного порового пространства, в котором содержатся питательные вещества, влага, воздух и почвенные организмы, обеспечивающие благоприятный рост и развитие сельскохозяйственных растений. Структура почвы – это пространственная организация твердого вещества почвы, обусловленная взаимоотношением твердой, жидкой и газообразной фаз почвы [Воронин, 1986]. Структурные отдельности почв являются матрицей, на которой протекают все физико-химические процессы, развитие корневых систем растений, поглощение ими элементов питания. Структурный состав характеризует более высокий и сложный агрегатный уровень организации почв. Структура почвы образуется, главным образом, под влиянием биологического воздействия на механические элементы почвы и в большей степени зависит от плотности элементарных почвенных частиц, слагающих почву, и от соотношения различных фракций гранулометрического состава. Однако, немаловажную роль в структурообразовании играют физические, химические и физико-химические явления, не связанные непосредственно с жизнедеятельностью организмов, населяющих почву [Кураченко, 2010].

В структурном состоянии почв важное значение играет содержание агрономически ценных фракций (АЦФ), размер которых составляет от 0,25 до 10 мм. По содержанию АЦФ (%) структурное состояние почв делится на следующие типы:

- отличное > 70 %;
- хорошее 55-70 %;
- удовлетворительное 40-55 %;
- неудовлетворительное 20-40%;
- плохое <20%.

По мнению Н.Л. Кураченко и М.В. Бабаева [2008] оставление старопахотной почвы в залежь на 15-20 лет является древнейшим способом обогащения почвы органическим веществом и улучшения ее структурного состояния. Обильная корневая система, активная деятельность микроорганизмов,

повышение запасов органического вещества приводят со временем к увеличению водопрочности структурных агрегатов и восстановлению почвенного плодородия.

Н.А. Караваева и Е.А. Денисенко [2008] в своей работе также отмечали восстановление структуры на 15-летней залежи в верхних горизонтах. Формируются только зернистые и комковато-зернистые агрегаты, граница бывшего пахотного горизонта полностью стерта в профиле.

По содержанию агрономически ценных агрегатов почва залежи Красноярской лесостепи характеризуется как «отлично» оструктуренная в слое 0-10 см (85,3%), и в слое 10-20 см (78%) (табл. 11).

Таблица 11 – Структурное состояние серых почв Красноярской лесостепи и его статистические параметры (2012 г.)

Размер частиц, мм	Стат. параметры	Объекты исследования					
		залежь	пашня 0-10 см	сенокос	залежь	пашня 10-20 см	сенокос
>10	Мср	12,4	18,6	23,5	21,0	21,5	25,2
	Cv, %	17,6	29,2	17,9	14,0	13,1	23,1
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> <b>2,4</b>	t <sub>2-3</sub> 1,6	t <sub>1-3</sub> <b>5,2</b>	t <sub>1-2</sub> 0,3	t <sub>2-3</sub> 1,3	t <sub>1-3</sub> 1,4
10-7	Мср	10,1	10,7	12,2	10,2	18,0	10,3
	Cv, %	31,2	29,6	31,5	23,7	24,2	26,0
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 0,3	t <sub>2-3</sub> 0,7	t <sub>1-3</sub> 1,0	t <sub>1-2</sub> <b>3,5</b>	t <sub>2-3</sub> <b>3,4</b>	t <sub>1-3</sub> 0,1
7-5	Мср	12,3	8,6	9,6	14,6	10,2	7,7
	Cv, %	21,1	16,0	20,6	22,5	29,8	18,3
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> <b>2,7</b>	t <sub>2-3</sub> 0,9	t <sub>1-3</sub> 1,9	t <sub>1-2</sub> <b>2,2</b>	t <sub>2-3</sub> 1,7	t <sub>1-3</sub> <b>4,4</b>
5-3	Мср	22,5	7,5	13,9	20,5	10,2	11,5
	Cv, %	6,6	11,8	25,0	22,6	20,1	13,2
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> <b>19,4</b>	t <sub>2-3</sub> <b>4,0</b>	t <sub>1-3</sub> <b>5,1</b>	t <sub>1-2</sub> <b>4,5</b>	t <sub>2-3</sub> 1,2	t <sub>1-3</sub> <b>4,1</b>
3-2	Мср	14,5	7,4	11,9	13,6	7,2	10,5
	Cv, %	12,9	8,8	15,6	15,4	10,4	15,4
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> <b>8,1</b>	t <sub>2-3</sub> <b>5,1</b>	t <sub>1-3</sub> <b>2,2</b>	t <sub>1-2</sub> <b>6,4</b>	t <sub>2-3</sub> <b>4,1</b>	t <sub>1-3</sub> <b>2,6</b>
2-1	Мср	14,6	22,0	16,1	12,4	17,3	17,7
	Cv, %	23,6	9,6	25,3	25,6	33,0	16,8
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> <b>4,1</b>	t <sub>2-3</sub> <b>2,8</b>	t <sub>1-3</sub> 0,6	t <sub>1-2</sub> 1,7	t <sub>2-3</sub> 0,2	t <sub>1-3</sub> <b>2,7</b>
1-0,5	Мср	4,2	9,0	5,0	3,3	6,0	6,4
	Cv, %	25,7	24,5	31,6	40,4	29,6	6,2
0,5-0,25	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> <b>4,4</b>	t <sub>2-3</sub> <b>3,3</b>	t <sub>1-3</sub> 0,9	t <sub>1-2</sub> <b>2,8</b>	t <sub>2-3</sub> 0,5	t <sub>1-3</sub> <b>5,1</b>
	Мср	7,2	10,2	5,1	3,4	6,9	7,1
<0,25	Cv, %	19,5	41,6	55,3	51,4	44,1	18,0
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 1,5	t <sub>2-3</sub> <b>2,2</b>	t <sub>1-3</sub> 1,4	t <sub>1-2</sub> <b>2,3</b>	t <sub>2-3</sub> 0,2	t <sub>1-3</sub> <b>3,9</b>
<0,25	Мср	2,3	6,1	2,8	1,0	2,7	3,5
	Cv, %	28,3	14,5	64,8	80,0	42,4	29,0
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> <b>7,8</b>	t <sub>2-3</sub> <b>3,7</b>	t <sub>1-3</sub> 0,6	t <sub>1-2</sub> <b>2,7</b>	t <sub>2-3</sub> 1,3	t <sub>1-3</sub> <b>4,4</b>

Содержание глыбистой фракции в слое 10-20 см значительно выше, чем в слое 0-10 см. Фракция пыли практически отсутствует. В почвах всех объектов она не превышает 10%. На пашне и сенокосе структурное состояние в обоих слоях несколько ухудшается в сравнении с почвой залежи, но также оценивается как «отличное».

Содержание АЦФ составляет здесь от 71,3% до 75,8%. Максимальное количество глыб отмечено на сенокосе (рис. 27). Это связано с более высокой плотностью сложения почвы за счет уплотняющего действия техники при сенокошении. Как указывалось выше, наилучшие водно-воздушные свойства почв степной и лесостепной зоны складываются при размере агрегатов от 0,25 до 3 мм. Максимальное количество таких агрегатов отмечено на пашне в слое 0-10 см (48,4%), что является оптимальным для произрастания большинства сельскохозяйственных культур. Содержание АЦФ составляют здесь 75,3%.

Наши данные согласуются с исследованиями Н.Л. Кураченко [2010], в которых установлен среднестатистический структурный состав темно-серых и серых почв лесостепной зоны Красноярского края, характеризующийся как отлично выраженный (88-77%) с незначительной величиной варьирования АЦФ (4-7%).

Распределение в пространстве отдельных фракций структурного состава неравномерно и является более варьирующим признаком. Содержание глыбистых фракций на залежи варьирует незначительно как в слое 0-10 см, так и слое 10-20 см. Коэффициент варьирования составляет 17,6% и 14,0%, соответственно. Очень высокая степень вариации отмечена только для фракции пыли в слое 10-20 см, где коэффициент варьирования равен 85%. На залежи и пашне можно отметить общую тенденцию более низкой степени пространственной вариабельности почвенных агрегатов в слое 0-10 см. Одновременно увеличивается варьирование в слое 10-20 см.

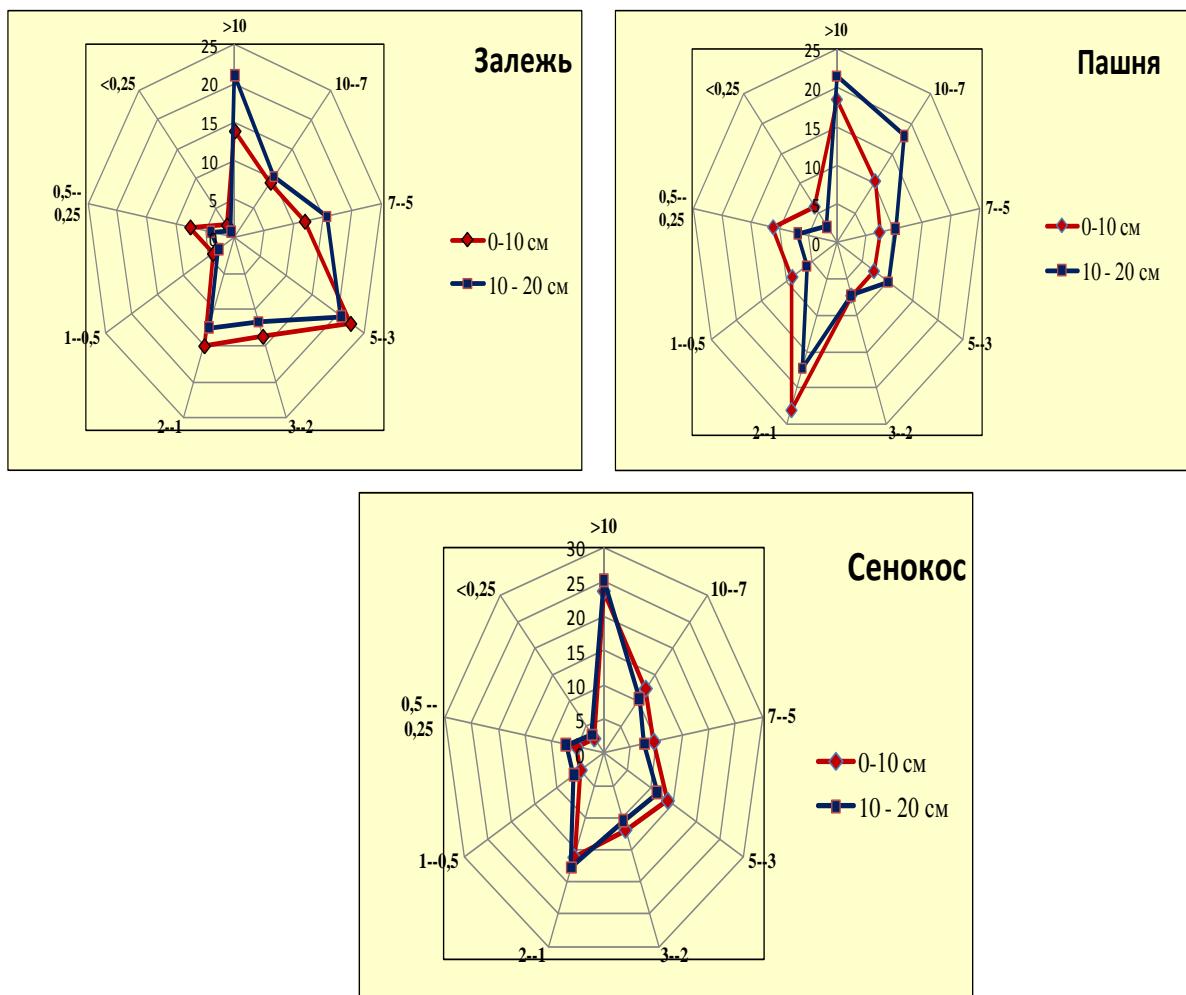


Рисунок 27 – Структурное состояние серых почв Красноярской лесостепи (2012 г.)

Большинство агрономически ценных фракций варьируют в пространстве с незначительной и средней степенью. При введении залежи в пашню происходит некоторое снижение коэффициентов варьирования. В почве сенокоса коэффициенты пространственного варьирования уменьшаются в слое 10-20 см по сравнению со слоем 0-10 см (приложение 17).

Статистически доказуемые различия структурного состояния почв объектов исследования в обоих слоях почв по критерию Стьюдента получены в большинстве случаев. При сравнении агрономически ценных фракций почв разных объектов, фактические значения критерия Стьюдента ( $t_{\text{факт}}$ ) значительно превышают теоретическое значения ( $t_{\text{теор}}=2,1$ ). Как правило, изменения в структуре почвы Красноярской лесостепи достоверны в сравнении пары «залежь-пашня». На залежи проявляется оструктуривающее воздействие травостоя на

почву, поэтому происходит улучшение структуры почвы и, следовательно, увеличение агрономически ценных фракций. При сравнении пары «залежь-сенокос» максимальное количество достоверных различий по структурному состоянию отмечается в слое почвы 10-20 см в пользу залежи.

Процесс изменения структурного состояния почв четко прослеживается по величине коэффициента структурности (Кстр). Коэффициент структурности это отношение суммы фракций  $>10$  и  $<0,25$  мм к фракциям размером 10-0,25 мм (табл. 12).

Таблица 12 - Агрегатный состав почв Красноярской лесостепи (2012 г.)

Объекты	Глубина, см	Кстр	Содержание агрегатов (%) размеров, мм		
			$>10$	10-0,25	$<0,25$
Залежь	0-10	6,9	12,4	85,4	2,3
	10-20	3,5	21,0	78,0	1,0
Пашня	0-10	3,1	18,6	75,4	6,1
	10-20	3,1	21,5	75,9	2,7
Сенокос	0-10	2,8	23,5	73,7	2,8
	10-20	2,5	25,2	71,3	3,5

Установлено, что максимальные коэффициенты структурности зафиксированы для Красноярской лесостепи в почве залежи. На пашне под влиянием механических обработок происходит ухудшение почвенной структуры. Почва сенокоса характеризуется также меньшим коэффициентом структурности, в сравнении с почвой залежи. А.С. Каземиров [2007] в своих исследованиях также установил, что максимальный уровень коэффициента структурности формируется на залежах. В его исследованиях установлено, что самый высокий коэффициент зафиксирован на целине и 55-летней залежи, а минимальный в бессменной пашне полевого севооборота. В целом, постагротические серые почвы Красноярской лесостепи всех объектов исследования характеризуются отличной оструктуренностью.

### 6.3 Структурное состояние почв Ачинско-Боготольской лесостепи

Структурное состояние серых почв Ачинско-Боготольской лесостепи оценивается как отличное на всех объектах во всех слоях (содержание АЦФ в пределах 80,1-87,1%). Содержание глыб в почвах всех объектах исследования не превышает 20% (табл. 13).

Таблица 13 – Структурное состояние серых почв Ачинско-Боготольской лесостепи и его статистические параметры (2012 г.)

Размер частиц, мм	Стат. параметры	Объекты исследования					
		залежь	пашня	сенокос	залежь	пашня	Сенокос
>10	Мср	10,4	8,6	12,4	12,8	18,5	11,2
	Cv, %	57,9	55,1	64,3	42,7	32,2	48,6
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 0,5	t <sub>2-3</sub> 0,9	t <sub>1-3</sub> 0,4	t <sub>1-2</sub> 1,6	t <sub>2-3</sub> 2,0	t <sub>1-3</sub> 0,4
10-7	Мср	9,6	9,9	12,7	8,7	11,8	12,1
	Cv, %	61,0	34,3	19,4	36,5	22,7	16,4
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 0,1	t <sub>2-3</sub> 1,5	t <sub>1-3</sub> 1,1	t <sub>1-2</sub> 1,7	t <sub>2-3</sub> 0,2	t <sub>1-3</sub> 2,1
7-5	Мср	13,0	7,5	15,3	12,2	9,8	15,5
	Cv, %	50,2	29,7	20,5	16,5	5,6	20,5
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 1,8	t <sub>2-3</sub> 4,5	t <sub>1-3</sub> 0,7	t <sub>1-2</sub> 2,5	t <sub>2-3</sub> 3,9	t <sub>1-3</sub> 2,0
5-3	Мср	19,3	13,1	20,9	22,0	14,0	20,7
	Cv, %	18,2	18,6	6,6	10,5	6,1	7,1
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 3,2	t <sub>2-3</sub> 6,3	t <sub>1-3</sub> 1,0	t <sub>1-2</sub> 7,2	t <sub>2-3</sub> 8,9	t <sub>1-3</sub> 1,1
3-2	Мср	16,8	14,9	14,1	18,5	11,9	14,0
	Cv, %	32,7	24,8	17,0	23,8	11,2	18,8
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 0,6	t <sub>2-3</sub> 0,4	t <sub>1-3</sub> 1,0	t <sub>1-2</sub> 3,2	t <sub>2-3</sub> 1,6	t <sub>1-3</sub> 2,0
2-1	Мср	19,3	26,2	14,6	17,4	20,6	14,8
	Cv, %	57,9	11,9	32,9	24,7	20,9	27,1
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 1,3	t <sub>2-3</sub> 4,5	t <sub>1-3</sub> 0,9	t <sub>1-2</sub> 1,2	t <sub>2-3</sub> 2,2	t <sub>1-3</sub> 1,0
1-0,5	Мср	3,7	5,6	2,9	3,4	5,5	3,6
	Cv, %	34,3	32,9	26,9	14,0	21,0	32,6
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 1,9	t <sub>2-3</sub> 3,0	t <sub>1-3</sub> 1,2	t <sub>1-2</sub> 3,8	t <sub>2-3</sub> 2,5	t <sub>1-3</sub> 0,4
0,5-0,25	Мср	4,8	9,9	4,1	2,8	6,4	4,8
	Cv, %	48,5	27,2	47,2	34,3	32,5	31,2
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 3,1	t <sub>2-3</sub> 6,0	t <sub>1-3</sub> 2,9	t <sub>1-2</sub> 3,5	t <sub>2-3</sub> 1,5	t <sub>1-3</sub> 2,4
<0,25	Мср	3,1	4,3	3,1	2,3	1,4	3,3
	Cv, %	43,2	44,2	29,1	41,3	33,1	25,4
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 1,2	t <sub>2-3</sub> 1,2	t <sub>1-3</sub> 0,1	t <sub>1-2</sub> 1,8	t <sub>2-3</sub> 4,5	t <sub>1-3</sub> 1,9

Хорошую макрооструктуренность серых почв, особенно целинных и залежных, отмечают и другие исследователи. В частности, С.А. Коляго [1954] на

основании специального изучения структуры почв нескольких районов Сибири отмечал, что на оподзоленных серых лесных почвах макроструктура выражена лучше, чем на лугово-черноземных почвах, даже в условиях целины. Ю.П. Вередченко [1961] выделял лучшую макрооструктуренность серых почв по сравнению с черноземами. По мнению автора, фактором, улучшающим структуру серых почв, является их промерзание при большем увлажнении, чем на черноземах. В условиях нормального увлажнения на покрытых снегом серых почвах наблюдается значительно большее льдообразование, которое создает лучшие условия образования макроагрегатов, уплотняя почвенные частицы.

Максимальное содержание АЦФ отмечается на пашне (87,1%) в слое 0-10 см. Наблюдается общая закономерность уменьшения содержания АЦФ с глубиной в почве всех объектов исследования (рис. 28). Это можно объяснить обилием корневой системы травянистой растительности в верхнем слое почвы, и, следовательно, лучшей деятельностью почвенных микроорганизмов, а также влиянием прижизненных выделений корней.

По исследованиям Г.И. Яшихина [1991] содержание фракций более 0,25 мм в верхних горизонтах серых почв (до 30 см) составляет 98-99% при сухом просеивании и 73-75% при мокром. С глубиной их содержание несколько уменьшается.

Изменение структурного состояния на пашне связано с обработкой почвы, которая влияет на перераспределение фракций разного размера. Максимальное содержание агрегатов размером от 3 до 0,25 мм отмечается на пашне и составляет 56,6%.

В почвах Ачинско-Боготольской лесостепи величина коэффициентов пространственного варьирования содержания глыбистой фракции резко отличается в сравнении с почвами Красноярской лесостепи. Коэффициенты варьирования высокие в почвах всех объектов, за исключением пашни, и составляют 48,7-64,8%. В слое 10-20 см варьирование снижается до среднего значения ( $Cv=32,1\%$ ). На залежи можно отметить также высокое варьирование частиц размером 10-7 и 7-5 мм в слое 0-10 см ( $Cv=50,4-61\%$ ). Такие значения

коэффициентов варьирования на залежи объясняется более выраженным микрорельефом, куртиносостью напочвенного покрова, очаговым произрастанием трав. В почве залежи происходит уменьшение варьирования структурного состояния в слое 10-20 см, где большинство фракций варьирует с меньшей степенью. На пашне пространственное варьирование несколько выравнивается. Так же как и в почве залежи отмечается уменьшение коэффициентов варьирования агрегатов в слое 10-20 см. На сенокосе большинство фракций структурного состава варьирует в незначительной и средней степени (приложение 18).

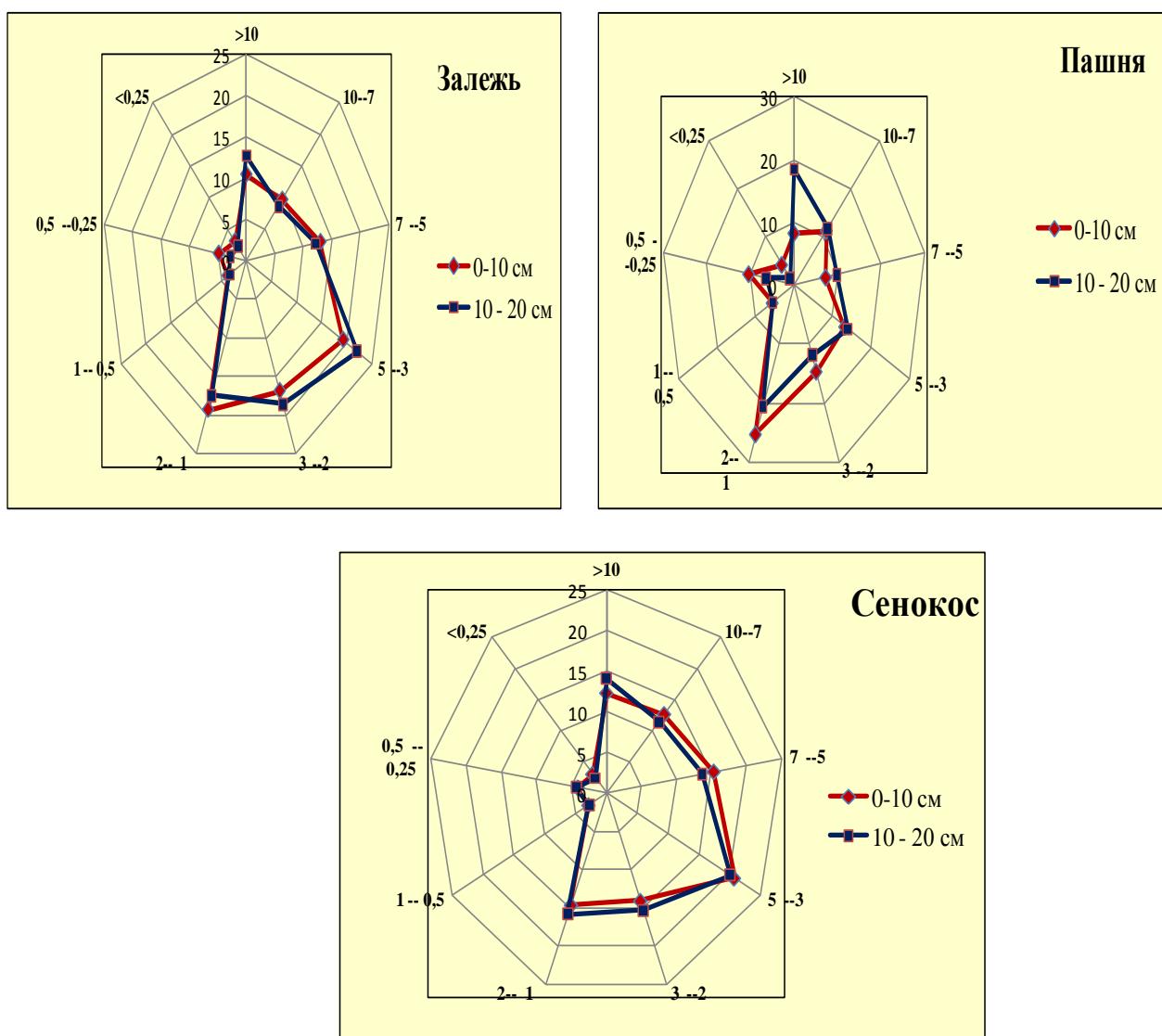


Рисунок 28 – Структурное состояние серых почв Ачинско-Боготольской лесостепи (2012 г.)

Установлена высокая достоверность различий структурного состояния почв между объектами исследования Ачинско-Боготольской лесостепи. Из таблицы 13

следует, что при теоретическом значении критерия Стьюдента, равном 2,1, фактическое значение в большинстве случаев существенно выше при сравнении пар: «залежь-пашня», «пашня-сенокос». Не установлены достоверные различия при сравнении структурного состояния залежи и сенокоса. Из 18 значений 3 являются достоверными.

Коэффициенты структурности значительно выше в почвах Ачинско-Боготольской лесостепи в сравнении с почвами Красноярской лесостепи (табл. 14).

Таблица 14 – Агрегатный состав почв Ачинско-Боготольской лесостепи (2012 г.)

Объекты	Глубина, см	Кстр	Содержание агрегатов (%) размером, мм		
			>10	10-0,25	<0,25
Залежь	0-10	6,4	10,4	86,5	3,1
	10-20	5,7	12,9	85,0	2,3
Пашня	0-10	6,8	8,6	87,2	4,3
	10-20	4,0	18,5	80,1	1,4
Сенокос	0-10	5,5	12,4	84,5	3,1
	10-20	5,9	11,2	85,5	3,3

Исследования, проведенные М.В. Шабановым [2007], подтверждают, что в залежных почвах наиболее оструктуренным и гумусированным является верхний 10-15 см слой, что обусловлено надземной частью и корневой системой растений. Постепенно отмирая и разлагаясь, органическое вещество надземной части и корни растений пополняют запасы гумуса и являются, в свою очередь, структурообразователями.

#### 6.4 Плотность сложения и пористость почв

Плотность сложения нарушенной почвы это один из основных диагностических показателей благополучия и развития почвообразовательных процессов, а также формирования уровня экологии агроценозов [Сатаров, 1999, Медведев и др., 2008]. Все физические свойства взаимосвязаны между собой и в

значительной степени влияют друг на друга. Повышение продуктивности фитоценозов и активности микробиологической фауны в почве можно достичь путем создания оптимального сложения почвы в деятельном ее слое. В условиях интенсивного использования наибольшей трансформации физических свойств, в том числе и плотности сложения, подвержены верхние горизонты почв.

Плотность сложения зависит от гранулометрического и минералогического состава, содержания органического вещества, структурного состояния. Степень уплотнения почвы оказывает большое влияние на водный, воздушный и тепловой режимы почв и на продуктивность растений. При уплотнении почвы уменьшается ее влагоемкость, снижается водопроницаемость. Плотность сложения почвы бывает обычно наименьшей в верхних, гумусовых горизонтах почвы, где наименьшая и удельная масса почвы из-за присутствия гумуса, а рыхлость сложения, созданная корнями растений и роющей деятельностью живущих в почве насекомых и других мелких животных, наибольшая.

Н.А. Качинским [1965] была предложена оценка плотности сложения суглинистых и глинистых почв:  $< 1,0 \text{ г/см}^3$  – почва вспущена;  $1,0-1,1 \text{ г/см}^3$  – свежевспаханная почва;  $1,2-1,3 \text{ г/см}^3$  – почва уплотнена;  $1,3-1,4 \text{ г/см}^3$  – пашня сильно уплотнена;  $1,4-1,6 \text{ г/см}^3$  – типичные величины для подпахотных горизонтов;  $1,6-1,8 \text{ г/см}^3$  – сильно уплотненные иллювиальные горизонты.

Н.А. Караваева, Е.А. Денисенко [2008] в своих исследованиях установили, что плотность сложения залежных почв за 15 лет снизилась с  $1,24 \text{ г/см}^3$  до  $1,18 \text{ г/см}^3$ . А на залежах 30 и 58-летнего возраста структура и плотность (около  $1,0 \text{ г/см}^3$ ) имеют параметры, обычные для целинных черноземов

В Красноярской лесостепи наблюдается уплотнение почвы пашни по сравнению с залежью и сенокосом (табл. 15). По глубинам отбора, напротив, различия видны на залежи и пашне. Характерно уплотнение в слое 10-20 см. При этом на залежи почва в слое 10-20 см характеризуется как «уплотненная», а на пашне – «сильно уплотненная».

Таблица 15 – Показатели физических свойств серых почв и их статистические параметры (2012 г.)

Показа- тели	Стат. пара- метры	Объекты исследования					
		залежь	пашня	сенокос	залежь	пашня	сенокос
		0-10 см			10-20 см		
Красноярская лесостепь							
Плотность, г/см <sup>3</sup>	Мср Cv, %	1,1 15,3	1,2 2,2	1,2 0,8	1,0 3,8	1,4 4,3	1,2 0,8
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 1,1	t <sub>2-3</sub> 0	t <sub>1-3</sub> 1,1	t <sub>1-2</sub> 5,5	t <sub>2-3</sub> 10,0	t <sub>1-3</sub> 10,0
Общая пористо- сть, %	Мср Cv, %	54,8 7,3	50,4 1,2	51,0 0,4	50,8 2,2	43,5 3,2	50,6 0,4
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 1,4	t <sub>2-3</sub> 0,9	t <sub>1-3</sub> 1,0	t <sub>1-2</sub> 4,1	t <sub>2-3</sub> 5,1	t <sub>1-3</sub> 0,2
Ачинско-Боготольская лесостепь							
Плотность, г/см <sup>3</sup>	Мср Cv, %	1,0 2,4	1,1 6,7	1,2 3,4	1,0 1,5	1,2 2,2	1,2 3,3
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 4,5	t <sub>2-3</sub> 1,8	t <sub>1-3</sub> 1,8	t <sub>1-2</sub> 16,6	t <sub>2-3</sub> 0	t <sub>1-3</sub> 5,0
Общая пористо- сть, %	Мср Cv, %	58,1 1,0	55,7 3,1	51,3 1,8	58,5 0,6	51,0 1,2	50,9 1,8
	t <sub>факт</sub>	t <sub>1-2</sub> 1,3	t <sub>2-3</sub> 2,2	t <sub>1-3</sub> 6,7	t <sub>1-2</sub> 10,7	t <sub>2-3</sub> 0,1	t <sub>1-3</sub> 7,6

Исследования А.С. Фатянова и С.Н. Тайчинова [1972] в серых почвах показывают, что наименьшую плотность сложения имеет пахотный слой. В подпахотном горизонте она заметно возрастает, а далее с глубиной увеличивается постепенно. М.В. Шабановым [2007] установлено, что в залежных почвах наблюдается четкая дифференциация гумусового горизонта по плотности сложения. Верхняя часть бывшего пахотного слоя обладает наименьшей плотностью, т.к. здесь сосредоточена корневая система травянистой растительности, в нижней его части четко проявляется уплотнение.

В Ачинско-Боготольской лесостепи почвы залежи и сенокоса характеризуются как «свежевспаханные» в обоих слоях отбора образцов. На пашне также установлено некоторое уплотнение в слое 10-20 см (табл. 15).

А.С. Каземиров [2007] в своих исследованиях установил, что для пахотных почв характерен резкий скачок в твердости при переходе из пахотного в подпахотный слой на глубине 12-25 см, что указывает на наличие «плужной подошвы». Менее выражено это явление в почвах, используемых в момент определения твердости под посев многолетних трав. Рост твердости происходит

сопряженно со временем интенсивного использования ее в пашне. Принудительному уплотнению при проходе ходовых систем тракторов и сельскохозяйственных машин лучше противодействуют почвы, богатые органическим веществом. Изменение плотности сложения под действием антропогенных факторов и содержания гумуса в ней находятся в тесной зависимости.

Общая пористость – важнейший показатель физических свойств почвы. С пористостью связаны такие свойства почвы, как водо- и воздухопроницаемость, влаго- и воздухоемкость, аэрация [Качинский, 1958; Карпачевский, 2003]. Пористость оказывает существенное влияние на рост растений, так как от нее зависит рыхлость и степень аэрируемости почвы. Общая порозность почвы тесно связана, прежде всего, с гранулометрическим составом, ее плотностью и структурным состоянием [Качинский, 1965, Воронин, 1986].

Н.А. Качинским [1965] была предложена оценка пористости почв: >70% – вспущена, избыточно пористая почва; 65-55 – отличная; 55-50 – удовлетворительная для пахотного слоя; < 50 – неудовлетворительная для пахотного слоя; 40-25 – характерна для уплотненных иллювиальных горизонтов – чрезмерно низкая.

Наиболее оптимальными по пористости являются постагрогенные серые почвы залежей (табл. 15). В Красноярской лесостепи почвы залежи и сенокоса оцениваются как удовлетворительные, причем на залежи пористость несколько выше, чем на сенокосе. В Ачинско-Боготольской лесостепи в постагрогенных серых почвах всех объектов исследования общая пористость значительно выше пористости почв 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% (приложение 19). На сенокосе и пашне в слое 10-20 см общая пористость почвы оценивается как удовлетворительная.

В целом, оптимальная плотность и пористость характерна для почв залежей обоих районов исследования. В почве пашни и сенокоса происходит некоторое

увеличение плотности и снижение аэрации, что негативно сказывается на развитии растений и продуктивности фитомассы.

# Глава 7 Продуктивность фитоценозов серых почв объектов исследования

## 7.1 Запасы фитомассы и ее состав

Определение и сравнение запасов фитомассы, формирующейся на различных объектах исследования, дает нам возможность судить о продуктивности фитоценоза, то есть показателю, который является основным при определении устойчивости любой экосистемы (природной и антропогенной). По сути, все изменения показателей плодородия ничего бы не значили без связи с продуктивностью, потому что почвенное плодородие должно работать на продукцию органического вещества и, в то же время, зависеть от него.

Растительность, как первичное звено биологического круговорота зольных веществ, снабжающая почвы органическими остатками, является одним из основных факторов почвообразования, который в наибольшей степени подвержен изменениям под воздействием антропогенных факторов [Вернадский, 1979]. Луговой травостой залежей не является чем-то статичным, он представляет собой динамичное по своей природе сообщество различных биологических видов растений. Ухудшение или улучшение условий среды для одного из видов приводит либо к вытеснению, либо к усилению его в фитоценозе [Ларин, 1954; Болдырев, 1952].

Любая экосистема, изменившись под влиянием антропогенной деятельности, выходит из состояния динамического равновесия, при этом начинается процесс ее трансформации. Наиболее отчетливо последствия агрогенного изменения экосистем проявляются в изменении продуктивности видового состава фитоценозов. Под давлением антропогенных факторов в первую очередь исчезают эндемичные виды, узкоспециализированные к строго определенным условиям среды. Сельскохозяйственная деятельность, в конечном счете, приводит к глубоким изменениям растительности: обеднению генетических ресурсов, стирианию региональных черт флоры, уменьшению богатства и экологического разнообразия растительных сообществ. Упрощение

флористического состава и унификация растительности неизбежно снижает устойчивость экосистемы к внешним воздействиям. Чем сложнее и разнообразнее экосистема, тем больше в ней каналов для перехода вещества и энергии, тем она стабильнее [Перельман, 1995]. Продуктивность как естественных, так и культурных фитоценозов определяется природными условиями и, прежде всего, уровнем биоклиматического потенциала территории [Левицкая, Шаталова, 2000; Медведев, 2005]. Важнейшими факторами, влияющими на величину продуктивности растительного покрова различных агробиоценозов, являются погодные условия, которые обеспечивают необходимую увлажненность почвы и уровень минерального питания [Медведев, 1999].

Залежные земли проходят различные стадии сукцессии, что позволяет выявить взаимовлияние растительности и свойств почв, изучить возможные пути эволюции почв, установить достижение равновесного состояния и восстановление естественного почвенного плодородия. Важным аспектом в проблеме залежей является изучение продуктивности растительного сообщества, как современного фактора, влияющего на почвообразовании. Продукционный процесс – это комплекс процессов созидания органического вещества растительного происхождения. Продукционный процесс лежит в основе биологической продуктивности экосистем [Вернадский, 1960; Базилевич, Родин, 1971; Добродеев, Суэтова, 1976; Титлянова, 1977; Ковда, 1985; Бабьева, Зенова, 1989; Кудеяров, 2005; Чупрова, 2005; Ковалева, 2005, 2007].

Данные о запасах надземной и подземной фитомассы дают представление о количестве растительного вещества, участвующего в биологическом круговороте, а также раскрывают пути приспособления различных экосистем к изменяющимся факторам воздействия. В настоящее время в работах, посвященных изучению залежных земель в Сибири, очень ограничена информация по количественной оценке продуктивности фитомассы молодых залежей. Наиболее известны работы А.А. Титляновой [1977, 2000], О.А. Сорокиной [2008], Ю.П. Ковалевой [2005], Л.Н. Коробовой [2004], В.В. Токавчука [2010] и других авторов.

Флора залежей Красноярского природного округа наиболее богата по сравнению с другими округами. На разновозрастных залежах встречается более 16 видов травянистых растений, среди них имеются как естественные для природных условий виды растений, так и сорняки. В экологическом отношении растительность залежей представлена видами, характерными для лугово-степных фитоценозов, что обусловлено нахождением объектов исследования в лесостепной зоне Красноярского края.

Лесостепная зона – это переходная зона. Здесь происходит чередование двух значительно отличающихся друг от друга по фитомассе природных зон – леса и степи (лугов). Поэтому продуктивность залежей, объектов наших исследований, логично сравнивать с продуктивностью лугово-степной зоны. Н.И. Базилевич и Л.Е. Родин [1987] указывали, что продукция травянистых сообществ составляет от 13,7 т/га в луговых степях до 4,2 т/га в сухих степях. Залежи, на которых проводились наши укосы, можно охарактеризовать как луговые степи, продуктивность фитомассы которых составляет от 0,92 до 7,16 т/га.

Травостой залежей Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепей, где проводились наши работы, характеризуется обилием разнотравья и наличием злаковых, а доля бобовых видов незначительна.

В целом за 3 года исследования можно выявить схожую динамику продуктивности изучаемых фитоценозов. Так, 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 (приложение 20).

В Красноярской лесостепи объекты исследования характеризуются невысокой продуктивностью надземной травянистой фитомассы. Самые высокие запасы фитомассы отмечены на залежи (табл. 16).

Развитие стеблестоя овса на пашне в первый срок учета минимальное и составляет всего 0,92 т/га, что практически в два раза ниже нормы. Время второго укоса биологической массы зерновых культур – это период максимального

развития растений. Поэтому в данный срок учета запасы биомассы овса были максимальными. На сенокосе продуктивность биомассы трав в целом одинакова в оба срока учета. Эта закономерность является естественной, так как первый срок укоса – время бурной вегетации у травянистых растений.

Сравнивая продуктивность фитомассы, можно отметить, что более высокие запасы надземной травянистой биомассы характерны для 2011 и 2013 гг., отличавшихся более благоприятными погодными условиями (приложение 20).

Таблица 16 – Фитомасса залежей (т/га) лесостепной зоны Красноярского края и ее статистические параметры

Объект	Стат. параметры	Сроки отбора					
		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 Cv, % t <sub>факт</sub>	3,14 23,2 t <sub>1-t<sub>2</sub></sub> <b>4,9</b>	6,18 34,9 t <sub>1-t<sub>2</sub></sub> <b>4,8</b>	3,07 19,8 t <sub>1-t<sub>2</sub></sub> <b>8,2</b>	2,75 16,7 t <sub>1-t<sub>2</sub></sub> <b>2,5</b>	3,14 35,3 t <sub>1-t<sub>2</sub></sub> 1,7	4,62 30,0 -
Пашня	Мср Cv, % t <sub>факт</sub>	1,98 7,9 t <sub>2-t<sub>3</sub></sub> <b>6,4</b>	3,76 2,8 t <sub>2-t<sub>3</sub></sub> <b>2,4</b>	0,92 20,4 t <sub>2-t<sub>3</sub></sub> <b>2,3</b>	3,79 20,3 t <sub>2-t<sub>3</sub></sub> <b>4,3</b>	2,18 25,0 t <sub>2-t<sub>3</sub></sub> 0,9	- - -
Сенокос	Мср Cv, % t <sub>факт</sub>	3,02 16,2 t <sub>1-t<sub>3</sub></sub> 0,2	4,42 3,7 t <sub>1-t<sub>3</sub></sub> <b>2,5</b>	1,86 18,3 t <sub>1-t<sub>3</sub></sub> <b>2,2</b>	2,08 21,3 t <sub>1-t<sub>3</sub></sub> <b>2,5</b>	2,48 22,8 t <sub>1-t<sub>3</sub></sub> 1,2	2,54 19,4 t <sub>1-t<sub>3</sub></sub> <b>3,2</b>
Ачинско-Боготольская лесостепь							
Залежь	Мср Cv, % t <sub>факт</sub>	3,29 20,1 t <sub>1-t<sub>2</sub></sub> <b>5,5</b>	6,52 4,4 t <sub>1-t<sub>2</sub></sub> <b>7,8</b>	3,27 38,7 t <sub>1-t<sub>2</sub></sub> <b>3,6</b>	3,58 17,1 t <sub>1-t<sub>2</sub></sub> <b>3,5</b>	4,24 20,4 t <sub>1-t<sub>2</sub></sub> 0,7	7,16 11,7 -
Пашня	Мср Cv, % t <sub>факт</sub>	2,11 7,4 t <sub>2-t<sub>3</sub></sub> <b>5,7</b>	3,96 2,8 t <sub>2-t<sub>3</sub></sub> 0,5	1,00 58,6 t <sub>2-t<sub>3</sub></sub> <b>2,7</b>	2,30 22,3 t <sub>2-t<sub>3</sub></sub> 2,0	3,80 24,6 t <sub>2-t<sub>3</sub></sub> 1,4	- - -
Сенокос	Мср Cv, % t <sub>факт</sub>	3,36 8,6 t <sub>1-t<sub>3</sub></sub> 0,3	3,99 3,4 t <sub>1-t<sub>3</sub></sub> <b>8,0</b>	1,91 23,2 t <sub>1-t<sub>3</sub></sub> <b>2,3</b>	1,67 26,4 t <sub>1-t<sub>3</sub></sub> <b>5,6</b>	2,86 38,2 t <sub>1-t<sub>3</sub></sub> 1,8	4,18 21,8 t <sub>1-t<sub>3</sub></sub> <b>5,5</b>

Продуктивность надземной травянистой биомассы залежи Ачинско-Боготольской лесостепи существенно выше, чем в Красноярской, что связано с различиями в увлажнении. Запасы воздушно-сухой фитомассы составляют 3,27 т/га в первый срок учета и 3,58 т/га во второй. Высокие значения запасов фитомассы залежи связаны с лучшими условиями увлажнения этой зоны.

Формирующийся микрорельеф с западинами и небольшими возвышениями способствует большему накоплению влаги. Задернованная поверхность снижает испарение влаги из почвы. Это улучшает развитие травостоя на залежи.

Продуктивность травостоя на сенокосе в Ачинско-Боготольской лесостепи несколько ниже, чем на залежи. Исключение составляет 2012 г., когда запасы фитомассы оказались ниже практически в два раза.

В целом, продуктивность надземной травянистой биомассы залежи Ачинско-Боготольской лесостепи несколько выше, чем в Красноярской. Это связано с различиями температурного режима и запасов влаги в почве (приложение 14, 15).

Исходя из данных П.П. Второва и Н.Н. Дроздова [1979] залежи наших объектов исследования по продуктивности надземной фитомассы соответствуют естественным фитоценозам данной зоны.

Объекты исследования, находящиеся в Ачинско-Боготольской лесостепи, характеризуются более высокими коэффициентами пространственного варьирования запасов фитомассы в сравнении с Красноярской лесостепью. Как правило, в первый срок укоса отмечено более высокое варьирование запасов фитомассы на всех объектах исследования. Это связано с неравномерным развитием травостоя. Средние величины коэффициентов варьирования запасов биомассы трав отмечены на залежи и пашне в первый срок учета (табл. 16). В большинстве случаев коэффициенты пространственного варьирования запасов фитомассы на всех объектах исследования в Красноярской лесостепи средние.

В структуре травостоя залежей Красноярской лесостепи преобладает доля разнотравья, также присутствуют и злаковые виды. Разнотравье – это группа растений, сильно различающихся между собой по кормовому значению. Среди них есть как отлично и хорошо, так и удовлетворительно и плохо поедаемые растения. Различия проявляются как между входящими в группу семействами, так и между растениями отдельных видов. В группе разнотравья также встречаются вредные и ядовитые растения. 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. 29).

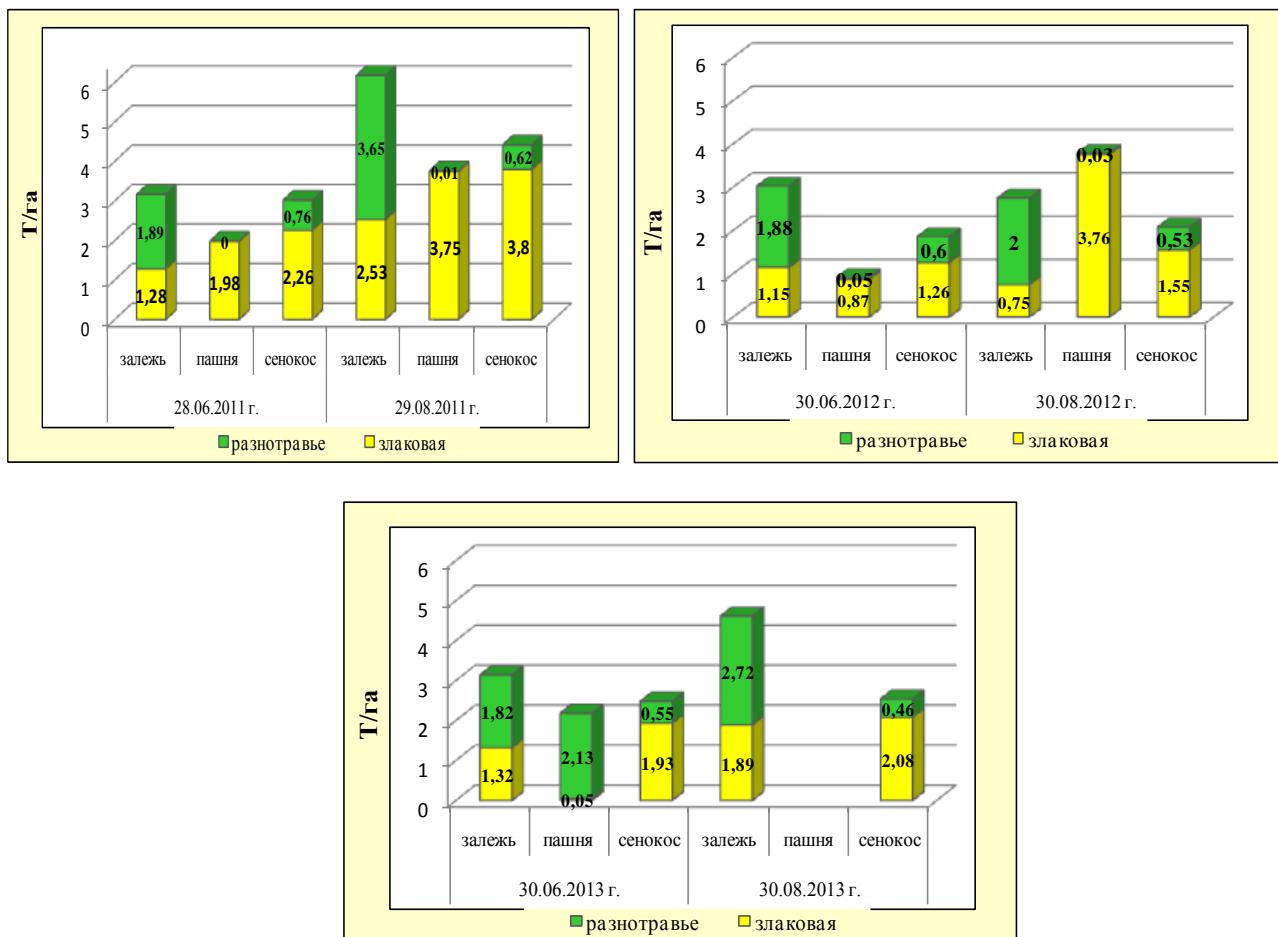


Рисунок 29 – Состав надземной фитомассы в объектах Красноярской лесостепи

На пашне, используемой под посевы пшеницы, доля злаков, естественно, составляет практически 100%. Разнотравные виды растений, произрастающих здесь, представляют собой сорный компонент, доля которого невелика. На залежах, используемых под сенокос в Красноярской лесостепи, при первом сроке отбора соотношение злаковой и разнотравной частей практически равно. Однако, во второй срок учета доля злаковых намного выше и занимает около 70% от общих запасов надземной фитомассы.

В структуре травостоя залежей во все годы исследований Ачинско-Боготольской лесостепи преобладает доля разнотравья. Также присутствуют и

злаковые виды. На пашне, используемой под посевы пшеницы, естественно преобладает злаковая часть (рис. 30). Исключение составляет 2013 г., когда почва была оставлена под чистый пар и из-за несвоевременной обработки поля хозяйством в первый срок учета активно развивался сорный компонент.

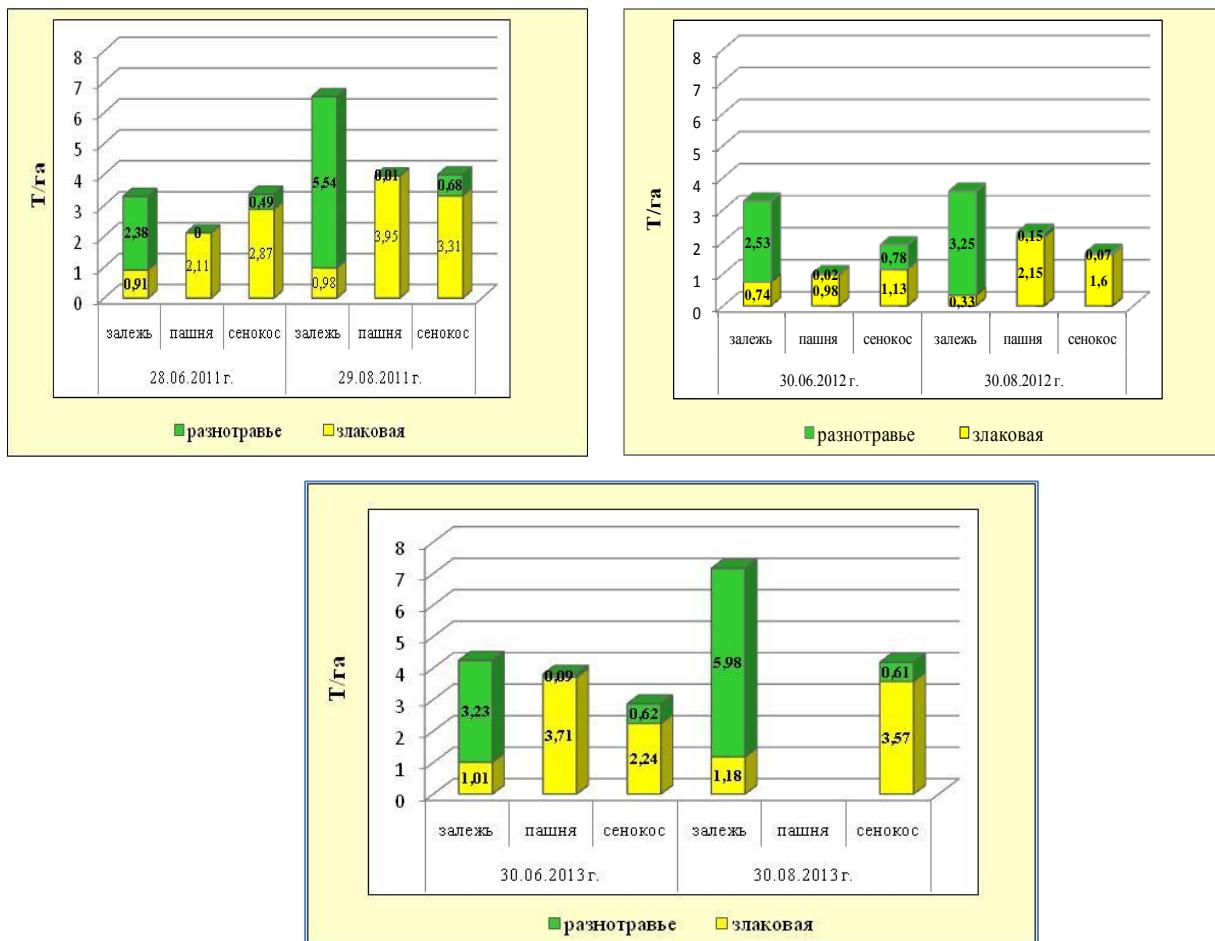


Рисунок 30 – Состав надземной фитомассы в объектах Ачинско-Боготольской лесостепи

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

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

## 7.2 Корреляционная зависимость запасов фитомассы и свойств почв

При корреляционных связях абсолютная величина коэффициента корреляции ( $r$ ) обычно отлична от единицы. В связи с этим перед исследователями возникает проблема качественной оценки степени тесноты связи между изучаемыми признаками, т.е. при каких  $r$  связь можно считать тесной, а при каких - слабой. Общепринятой градации для такой оценки не существует, но некоторые условные рекомендации имеются. Они основываются на том, что квадрат коэффициента корреляции является оценкой в долях единицы той части варьирования одного признака, которая связана с варьированием другого признака [Дмитриев, 1995].

Указанные придержки для качественной характеристики степени связи хотя и условны, однако они в определенном смысле и абсолютны, так как установлены безотносительно к изучаемым явлениям, исходя лишь из особенностей самого коэффициента корреляции.

Необходимо иметь в виду, что строго прямолинейные связи между свойствами природных объектов и явлений – достаточно редкий случай. Обычно даже там, где связь считается прямолинейной, в действительности имеет место некоторая криволинейность, которую либо не замечают, либо ею пренебрегают. В силу этого коэффициент корреляции, являющийся мерой прямолинейной связи, обычно отличается от единицы, даже если связь функциональная, но прямолинейная.

Еще более важным обстоятельством, определяющим величину коэффициента корреляции, является то, что каждый изучаемый признак часто находится в сложной взаимосвязи с большим числом других признаков, прямо или косвенно оказывающих влияние на его варьирование. В силу этого связь между каждой парой взятых признаков оказывается в той или иной мере затушеванной, смазанной деянием всех прочих не учитываемых признаков. Роль, не принятых во внимание факторов, может быть разной, как следствие этого,

коэффициент корреляции будет то больше, то меньше отличаться от единицы. Коэффициент корреляции может варьировать от -1 до +1:

В биологических исследованиях часто используют следующую (условную) классификацию [Хижняк, 2005]:

$1,00 \geq r \geq 0,75$  – сильная связь;

$0,75 > r \geq 0,50$  – умеренная связь;

$0,50 > r \geq 0,25$  – слабая связь.

В таблице 17 и 18 приведены величины коэффициентов корреляционной зависимости между запасами воздушно-сухой фитомассы и показателями плодородия серых почв Красноярской лесостепи (приложение 21, 22, 23).

Таблица 17 – Корреляционная зависимость 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 <sub>H2O</sub>	0,32	0,14	0,20	0,34	0,46	0,41
pH <sub>KCl</sub>	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 <sub>3</sub> , мг/кг	0,52	-0,47	0,33	0,52	0,15	-0,05
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0,34	-0,30	0,58	0,08	0,27	0,48
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0,33	-0,13	0,29	0,35	0,43	0,25
K <sub>2</sub> 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

Продуктивность фитоценозов всех объектов исследования имеет выраженную положительную связь с показателями плодородия в слое 0-10 см по сравнению со слоем 10-20 см. 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 установлена положительная сильная и умеренная связь продуктивности фитомассы от агрохимических и физических свойств почв. 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 (табл. 18, приложение 27, 28, 29).

Таблица 18 – Корреляционная зависимость запасов надземной фитомассы и свойств почв Красноярской лесостепи (2012 г.)

Показатели	Залежь		Пашня		Сенокос	
	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см
Гумус, %	0,80	0,47	0,50	-0,34	0,67	-0,29
Нобщ., %	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 <sub>H2O</sub>	0,24	-0,43	0,53	0,72	0,63	0,75
pH <sub>KCl</sub>	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 <sub>3</sub> , мг/кг	0,89	0,01	0,87	0,89	0,38	0,13
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0,42	-0,15	0,54	0,84	0,88	0,14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0,03	-0,05	0,88	0,29	0,46	0,03
K <sub>2</sub> 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

Здесь продуктивность фитомассы в большей степени зависит от содержания нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, а также от влажности и плотности сложения почв. На сенокосе тесная связь продуктивности фитомассы обнаруживается с содержанием аммонийного азота, что вполне закономерно, так как обеспеченность нитратным азотом почвы здесь ниже. Установлена сильная корреляционная зависимость запасов фитомассы от содержания обменного калия, влажности и пористости почвы. Продуктивность запасов фитомассы на залежи и сенокосе в меньшей степени коррелирует с показателями плодородия в слое 10-20 см

почвы. Более выровненная связь продуктивности фитомассы с показателями плодородия в 2011 г., скорее всего, связана с более оптимальными погодными условиями в сравнении с засушливым 2012 г.

Расчет коэффициентов корреляции между запасами фитомассы и свойствами почв Ачинско-Боготольской лесостепи также показал, что продуктивность фитоценозов в большей степени тесно связана с показателями почвенного плодородия в слое 0-10 см (табл. 19, 20, приложение 24, 25, 26).

Таблица 19 – Корреляционная зависимость запасов надземной фитомассы и свойств почв Ачинско-Боготольской 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, %	0,80	0,55	0,64	-0,33	0,74	-0,32
Нобщ., %	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 <sub>H2O</sub>	0,68	0,76	0,18	-0,24	0,44	0,12
pH <sub>KCl</sub>	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-N <sub>03</sub> , мг/кг	0,77	0,76	0,77	-0,48	0,32	0,43
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0,25	0,14	0,47	-0,16	0,62	0,31
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0,48	-0,04	0,33	-0,18	0,36	-0,19
K <sub>2</sub> 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 пятью показателями почвенного плодородия. К ним относится содержание гумуса, общего азота, водорастворимого гумуса, нитратного азота, а также влажность почвы. На пашне сильная связь установлена лишь с содержанием нитратного азота. Продуктивность фитомассы на сенокосе коррелирует со всеми показателями слоя почвы 0-10 см в слабой и средней степени.

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 (приложение 30, 31, 32).

Таблица 20 – Корреляционная зависимость 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
	r					
Гумус, %	0,87	0,96	0,59	0,07	0,53	-0,01
Нобщ., %	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 <sub>H2O</sub>	0,63	0,61	0,44	0,48	0,34	-0,39
pH <sub>KCl</sub>	0,55	0,42	0,12	0,33	0,15	-0,66
S, м-моль/100 г	0,82	0,10	0,57	0,38	0,41	0,63
N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	0,94	0,94	0,81	-0,25	0,38	0,08
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0,30	0,38	0,67	-0,05	0,91	-0,22
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0,43	-0,27	0,87	0,73	0,69	-0,49
K <sub>2</sub> 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 сложения и пористостью почвы, соответственно, 0,82 и 0,84.

Таким образом, продуктивность фитоценозов, формирующихся на постагротических серых почвах залежей при различном их использовании в

лесостепной зоне Красноярского края, определяется комплексом показателей потенциального и эффективного плодородия.

## 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 исследования 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 литературы

1. Абрамян, С.А. Изменение ферментативной активности почв под влиянием естественных и антропогенных факторов / С.А. Абрамян // Почвоведение. – 1992. – №7. – С. 70-81.
2. Агроклиматический справочник по Красноярскому краю и Тувинской АССР. – Ленинград: Гидрометеоиздат. – 1974. – 276 с.
3. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота: материалы Всероссийской научной конференции / под ред. акад. А. Л. Иванова. М.: Почв. инст-т. им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии. – 2008. – 405 с.
4. Адерихин, П.Г. Изменение черноземных почв ЦЧО при использовании их в сельском хозяйстве / П.Г. Адерихин // Черноземы ЦЧО и их плодородия. – М.: Наука, 1964. – С. 61-89.
5. Антипова, Е.М. Эколого-географическая структура флоры северных лесостепей Средней Сибири / Е.М. Антипова // Хвойные бореальные зоны. – 2007. – №4-5. – С. 438-445.
6. Анциферова, О.А. Динамика растительности и свойств почв на молодых залежах Тамбовской равнины и Замландского полуострова: монография / О.А. Анциферова. – Калининград. – 2005. – 315 с.
7. Аронов, Э. Л. Продовольственная безопасность России и ведущих стран мира: аналитический обзор / Э.Л. Аронов, Т.П. Нино, Т.А. Суркова, Е.А. Вернер, А.А. Королько - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 124 с.
8. Ахтырцев, Б.П. Серые лесные почвы Центральной России / Б.П. Ахтырцев. – Воронеж, 1979. – 231 с.
9. Бабьева, И.П., Зенова, Г.М. Биология почв: учебник. – М.: МГУ, 1989. – 336 с.
10. Багаутдинов, Ф.Я. Обновление компонентов гумуса серой лесной почвы и чернозема типичного при длительной гумификации меченных по углероду растительных остатков / Ф.Я. Багаутдинов // Почвоведение. – 1994. – №2. – С. 50-56.

11. Базилевич, Н.И. Продуктивность и круговорот элементов в естественных и культурных фитоценозах (по материалам СССР) / Н.И. Базилевич, Л.Е. Родин // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. – Л.: Наука. – 1971. – С. 5-31.
12. Бахтин, Н.П., Орловский, Н.В. Климат. Агрохимическая характеристика почв СССР. Средняя Сибирь / Н.П. Бахтин, Н.В. Орловский. – М.: Наука, 1971. – С. 7-13.
13. Безруких, В.А. Земельные ресурсы земледельческой зоны Красноярского Причулымья / В.А. Безруких // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Центральной Сибири. – Красноярск, 2003а. – С. 317 – 323.
14. Безруких, В.А. Рельеф и почвообразующие породы Красноярского Причулымья / В.А. Безруких // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Центральной Сибири. – Красноярск, 2003б. – С. 312 – 316.
15. Болдырев, В.В. В степях Заволжья / В.В Болдырев. – Саратов: Саратовское обл. гос. изд., 1952. – 132 с.
16. Бондарев, А.Г. Фундаментальные физические исследования в почвоведении и мелиорации / А.Г. Бондарев, И.В. Кузнецова, П.И. Тихонравова: труды всероссийской конференции // К вопросу об изменении основных агрофизических и агрохимических свойств. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 144 с.
17. Брицина, М.П. Рельеф и почвообразующие породы центральной части Красноярского края / М.П. Брицина // Природное районирование центральной части Красноярского края и некоторые вопросы пригородного хозяйства. - М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 27-46.
18. Брицина, М.П. Схема природного районирования центральной части Красноярского края / М.П. Брицина, Н.Н. Галахов, Е.Л. Любимова, Б.Н. Лиханов, А.А. Ерохина // Природное районирование центральной части Красноярского края. – М.: Изд-во АН СССР. – 1962. – С. 136-142.
19. Бугаков, П.С., Чупрова, В.В. Агрономическая характеристика почв земледельческой зоны Красноярского края / П.С. Бугаков, В.В. Чупрова. – Красноярск, 1995. – 174 с.

20. Бугаков, П.С., Шугалей, Л.С. Изменение влажности черноземов Средней Сибири в связи с их замерзанием / П.С. Бугаков, Л.С. Шугалей // Доклады Сибирских почвоведов к 9 Международному конгрессу почвоведов. – Новосибирск: СО АН СССР. – 1968. – С. 196-203.
21. Бугаков, П.С. Специфика почвообразования в Сибири / П.С. Бугаков, В.В. Чупрова, Э.П. Попова, Л.С. Шугалей, – Новосибирск: Наука. – 1979. – С. 257-267.
22. Бугаков, П.С., Чупрова, В.В. Несколько обобщенных показателей характеристики основных почв Красноярской лесостепи / П.С. Бугаков, В.В. Чупрова // Почвы Сибири и их рациональное использование. – Красноярск. – 1975. – С. 14-18.
23. Бугаков, П.С., Горбачева, С.М., Чупрова, В.В. Почвы Красноярского края / П.С. Бугаков, С.М. Горбачева, В.В. Чупрова – Красноярск, 1981. – 127 с.
24. Бугаков, П.С., Чупрова, В.В. Содержание и качественный состав гумуса в освоенных почвах Красноярской лесостепи / П.С. Бугаков, В.В. Чупрова. // Почвоведение. – №12. – 1970. – С. 46-54.
25. Бугаков, П.С. Химическая характеристика почв Красноярского края / П.С. Бугаков // Труды Красноярского СХИ. – 1964. – Т. 18. – С. 62-84.
26. Будина, Л.П. Пахотно-пригодные почвы на территории Канской котловины / Л.П. Будина, И.С. Вишневская // Природное районирование центральной части Красноярского края и некоторые вопросы пригородного хозяйства. – М.: Изд-во АН СССР. – 1962. – С. 105-114.
27. Будина, Л.П. Почвенный покров зоны травяных лесов Красноярского края / Л.П. Будина, Е.В. Семина // Природное районирование центральной части Красноярского края и некоторые вопросы пригородного хозяйства. – М.: Изд-во АН СССР. – 1962. – С. 90-104.
28. Вальков, В.Ф., Казеев, К.Ш., Колесников, С.И. Почвоведение: учебник / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – М.- Ростов-на-Дону, 2006. – 496 с.
29. Васильев, М.В. Питательный режим дерново-подзолистых пахотных и залежных суглинистых почв Северо-Запада: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 06.01.01 / Васильев Максим Владимирович. – Санкт-Петербург. – 2011. – 17 с.

30. Ведров, Н.Г. Селекция и семеноводство полевых культур: учеб. пособ. // под ред. Л. М. Убиенных. – 2-е изд., перераб. и доп. – Красноярск: КрасГАУ, 2008. - 299 с.
31. Вередченко, Ю.П. Агрофизическая характеристика почв центральной части Красноярского края / Ю.П. Вередченко. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. - 175 с.
32. Вернадский, В.И. Биосфера. Избранные сочинения / В.И. Вернадский. – М.: изд-во АН СССР, 1960. – С. 7-102.
33. Вернадский, В.И. Живое вещество / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 1979. – 358 с.
34. Виленский, Д.Г. Почвоведение / Д.Г. Виленский. – М.: Учпедгиз, – 1954. – С. 219-222.
35. Вильямс, В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения / В.Р. Вильямс. – М.: Гос. Изд-во с.-х. лит-ры, 1949. – С. 312-327.
36. Вильямс, В.Р. Собрание сочинений. Земледелие с основами почвоведения. – Москва. – 1951. – Т.6. - С.320-350.
37. Владыченский, А.С. Изменение экологических функций постагрогенных функций / А.С. Владыченский, В.М. Телеснина, Т.А. Чалая // Отражение био-, гео-, антропосферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове. – Томск. – 2010. – Т.II – С. 32-38.
38. Владыченский, А.С. Влияние постагрогенной лесовосстановительной сукцессии на некоторые свойства почв южной тайги / А.С. Владыченский, В.М. Телеснина // Экологические функции лесных почв в естественных и нарушенных ландшафтах. – Апатиты. – 2011. – С. 62-65.
39. Воронин, А.Д. Основы физики почв / А.Д. Воронин. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 224 с.
40. Второв, П.П. Биогеография материков / П.П. Второв, Н.Н. Дроздов. – М.: Просвещение, 1979. – 208 с.
41. Галахов, Н.Н. Климат зоны травяных лесов и островов лесостепи Красноярского края / Н.Н. Галахов // Природное районирование центральной

части Красноярского края и некоторые вопросы пригородного хозяйства. - М.: Изд-во АН СССР. -1962. - С. 5-26.

42. Гамзиков, Г.П. Содержание гумуса и азота в почвах Западной Сибири / Г.П. Гамзиков. – Новосибирск: Наука, 1978 – С. 155-163

43. Гамзиков, Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири / Г.П. Гамзиков. – М.: Наука. – 1981. – 226 с.

44. Ганиятуллин, К.Г. Пространственная неоднородность вторичной аккумуляции гумуса в старопахотных горизонтах залежных светло-серых лесных почв / К.Г. Ганиятуллин, А.А. Шинкарев, А.Г. Фазылова, К.И. Кузьмина, А.А. Шинкарев (мл). // Учен. запад. Казан. Ун-та. Сер. Естеств. Науки. – 2012. – Т. 154, кн. 4. – С. 61-70.

45. Гарифуллин, Ф.Ш. Почвы Южного Урала и их рациональное использование: учеб. пособ. / Ф.Ш. Гарифуллин, А.Ш. Ишемьяров. – Уфа: Башкирский СХИ, 1987. – 82 с.

46. Гинзбург, К. Е. Фосфор основных типов почв СССР / К.Е. Гинзбург. – М.: Наука, 1981. – 244 с.

47. Горбачев, В.Н. Генетические особенности длительно-сезонномерзлотных почв тайги Приангарья / В.Н. Горбачев // Почвенный криогенез и мелиорация мерзлотных и холодных почв. – М.: Наука, 1975. – С.56-58.

48. Горбунов, Н.И. Минералогия и физическая химия почв: монография / Н.И. Горбунов // Академия наук СССР: научный совет по проблемам почвоведения и мелиорации почв. – М: Наука , 1978. – 292 с.

49. ГОСТ 26107-84 «Почвы. Методы определения общего азота. Руководство по химическому анализу почв».

50. ГОСТ 26207-91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО».

51. ГОСТ 27395-87 «Почвы. Метод определения подвижных соединений двух – и трехвалентного железа по Веригиной-Аринушкиной».

52. ГОСТ 28268-89 «Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завяжания растений».

53. Громыко, И.Д. Плодородие почв целинного края / И.Д. Громыко, Е.В. Кулаков, А.П. Мершин, Н.П. Панов // Почвоведение. – 1961. – №9. – С.48-50.
54. Димо, В.Н. Тепловой режим почв СССР / В.Н. Димо. – М.: Колос, 1972. – 359 с.
55. Дмитриев, А.Е. Математическая статистика в почвоведении / А.Е. Дмитриев. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 320 с.
56. Добровольский, Г.В. Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере / Г. В. Добровольский, И.П. Бабьева, Л.Г. Богатырев. – М.: Наука, 2003. – 325 с.
57. Добровольский, Г. В. Задачи почвоведения в решении современных экологических проблем / Г.В. Добровольский // В сб.: Сохраним планету Земля. – СПб.: ИП МГУ-РАН, 2004.
58. Добровольский, Г.В., Урусовская И.С. География почв: учебник // Г.В. Добровольский, И.С. Урусовская. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. — 416 с.
59. Добродеев, О.П. Живое вещество земли / О.П. Добродеев, И.А. Суэтова // Проблемы общей физической географии и палеографии. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – С. 26-58.
60. Еремин, Д.И. Залежь как средство восстановления содержания и запасов гумуса старопахотных черноземов лесостепной зоны Зауралья / Д.И. Еремин // Плодородие. – 2014. - №1(76) – С.24-26.
61. Ерохина, А.А., Кириллов, М.В. Почвы лесостепи и зоны травяных лесов Ачинского округа / А.А. Ерохина, М.В. Кириллов // Природное районирование центральной части Красноярского края и некоторые вопросы пригородного хозяйства. – М.: Изд-во АН СССР. – 1962. – С. 66-74.
62. Зaborцев, Н.И. Роль трав в борьбе с эрозией почв / Н.И. Зaborцев, А.А. Негожев, Ю.И. Бондарев, Т.И. Бондарева // Сельское хозяйство Сибири и Дальнего Востока и охрана природы. – Иркутск. – 1974 – С.97-100.
63. Завалин, А.А. Азотное питание и продуктивность сортов яровой пшеницы / А.А. Завалин. – М.: Агроконсалт, 2003. – 151 с.

64. Захаренко, В. А. Тенденции роста бросовых земель, изменения и управления фитосанитарным состоянием агроэкосистем / В.А. Захаренко // Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота: материалы Всероссийской научной конференции / Под ред. акад. А. Л. Иванова. М.: Почв. ин-т. Им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. – С. 97-111.
65. Звягинцев, Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М., 1987. –257 с.
66. Зонн, С.В. Железо в почвах. / С.В. Зонн – М.: Наука, 1982. – С. 206.
67. Иванов, В.В. К вопросу о демутации залежей / В.В. Иванов // Ботанический журнал. – 1954. – Т. 39. - С.262-266.
68. Каземиров, С.В. Экологические аспекты развития почвенно-растительной системы южного чернозема на залежах: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Каземиров Сергей Владимирович. – Саратов, 2007. – 18 с.
69. Камышев, Н.С. Закономерности развития залежной растительности Каменной степи / Н.С. Камышев // Ботанический журнал. – 1956. - т.41 - №1. - С.43-62.
70. Караваева, Н.А., Денисенко, Е.А. Постагренное восстановление свойств черноземов и растительности на датированных залежах ЦЧО / Н.А. Караваева, Е.А. Денисенко // Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота: материалы Всероссийской научной конференции / Под ред. акад. А. Л. Иванова. М.: Почв. инс-т. Им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. – с. 303-307.
71. Карпачевский, Л.О. Влияние растительности на почву / Л.О. Карпачевский // Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере – М.: Наука. – 2003. – С. 189-205.
72. Качинский, Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения / Н.А. Качинский. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 192 с.

73. Качинский, Н.А. Сущность структурообразования / Н.А. Качинский // Изменение почв при окультуривании, их классификация и диагностика. – М.: Колос, 1965. – С. 23-31.
74. Каштанов, А.Н., Рожков, В.А., Апарин, Б.Ф., Скворцова, Е.Б., Бондарев А.Г., Базыкина, Г.С., Карманов, И.И. Почвообразовательные процессы. Коллектив авторов; под редакцией М.С. Симаковой, В.Д. Тонконогов. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2006. – 510 с.
75. Кириллов, М.В. География Красноярского края / М.В. Кириллов. – Красноярск, 1970. – 174 с.
76. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М.: Колос, 1996. – 368 с.
77. Классификация и диагностика почв России: 2-е доп. и испр. справоч. пособ. // Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.П. Герасимова. – М.: Почвенный институт им. В.В.Докучаева, 2004. – 342 с.
78. Клёнов, Б.М. Гумус почв Западной Сибири / Б.М. Кленов. – М.: Наука, 1981. – 144 с.
79. Ковалева, Ю.П. Продукционно-деструкционные процессы в залежных экосистемах Койбальской степи Минусинской котловины: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.27. / Ковалева Юлия Петровна – Красноярск, 2007. – 17 с.
80. Ковалева, Ю.П. Структура и динамика запасов растительного вещества в залежных экосистемах степной зоны, находящихся на различных стадиях восстановления / Ю.П. Ковалева // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем. – Иркутск: Изд-во Иркутского технического университета. 2005. – С. 326-329.
81. Ковда, В.А. Биогеохимия почвенного покрова / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1985. – 263 с.
82. Коляго, С.А. К вопросу о происхождении коричнево-бурых глин и других покровных пород Красноярской лесостепи / С.А. Коляго // Вопр. географии Сибири. – Томск, 1953. – Выпуск 3. – С. 143-154.

83. Коляго, С.А. О структуре и оструктуривании почв / С.А. Коляго // Труды Томского государственного университета им. В.В. Куйбышева. – 1954. – Т. 130. – С. 23-30.
84. Коляго, С.А. Почвы и их агрохимическая характеристика / С.А. Коляго // Агрохимическая характеристика почв СССР. Средняя Сибирь. – М.-Л.: Наука, 1971. – С. 139-181.
85. Коробова, Л.Н. Особенности сукцессии микробных сообществ в черноземах Западной Сибири: автореф. дисс. ... док. биол. наук: 03.00.16 / Коробова Лариса Николаевна. – Новосибирск. – 2007. – 25 с.
86. Коробова, Л.Н. Динамика восстановления микоценозов залежных черноземных почв Западной Сибири. / Л.Н. Коробова, Т.Т. Кузнецова // Непрерывное экологическое образование и экологические проблемы: сб. статей. – Красноярск. – 2004. – Т. 2. – С.292-298.
87. Костычев, П.А. Очерки залежного степного хозяйства / П.А. Костычев // Избр. тр. – М.: Изд-во Акад. наук СССР. – 1951. – С. 409-450.
88. Косяненко, Л.П. Луговое кормопроизводство Сибири /Л.П. Косяненко. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2005. – 244 с.
89. Крупкин, П.И. Характеристика черноземов Красноярской лесостепи / П.И. Крупкин // Труды КСХИ.– Красноярск, 1962. – Т. 14. – С. 100-115.
90. Крупкин, П.И. Черноземы Красноярского края / П.И. Крупкин. – Красноярск, 2002. – 331 с.
91. Кудеяров, В.Н. Роль почв в круговороте углерода / В.Н. Кудеяров // Почвоведение. – 2005. – №8. – С. 915-923.
92. Кузнецова, И.В. Изменение свойств залежных серых лесных почв / И.В. Кузнецова, П.И. Тихонравова, А.Г. Бондарев // Почвоведение. – 2009. - №9. – С. 1142-1150.
93. Кузьмин, В.А., Хисматуллин Ш.Д. Почвы южной тайги Средней Сибири / В.А. Кузьмин, Ш.Д. Хисматуллин //Лес и почва. – Красноярск, 1968. – С.79-83.

94. Кураченко, Н.Л. Оценка и динамика агрофизического состояния черноземов и серых лесных почв Красноярской лесостепи: автореф. док. ... биол. наук: 03.02.13 / Кураченко Нина Леонидовна. – Томск, 2010. – 35 с.
95. Кураченко, Н.Л. Изменение структурного состояния черноземов Красноярской лесостепи / Н.Л. Кураченко, М.В. Бабаев // Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота: материалы Всероссийской научной конференции / Под ред. акад. А. Л. Иванова. М.: Почв. инс-т. Им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. – с.324-326
96. Кускова, Е.С. Детальная агрохимическая характеристика почв стационара (учхоз «Миндерлинское») / Е.С. Кускова //Агрохимическая характеристика почв СССР. Средняя Сибирь. – М.: Наука, 1971. – С. 54-63.
97. Лавренко, Е.М. Степи СССР / Е.М. Лавренко. – Растительность СССР. – 1940. – Т. 2. – 265 с.
98. Ларин, И.В. Вопросы улучшения кормовой базы в степной, полупустынной и пустынной зонах СССР / И.В. Ларин. – М.: Л., 1954. – 386 с.
99. Лапухин, Т.П. Система применения удобрений в полевых севооборотах на каштановых почвах сухой степи Забайкалья: автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / Лапухин Тимофей Петрович. – Барнаул, 2000. - 30 с.
100. Лебедева, И.И., Семина, Е.В. Почвы Центрально-Европейской и Среднесибирской лесостепи // И.И. Лебедева, Е.В. Семина. – М.: Колос, 1974. – 168 с.
101. Левицкая, Н.Г., Шаталова, О.В. Современные тенденции изменения климата и их влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур в Нижнем Поволжье / Н.Г. Левицкая, О.В. Шаталова // Проблемы и пути преодоления засухи в Поволжье. – Саратов, 2000. – №2. – С. 33-47.
102. Леонов, В. А. Пираты пензенских полей / В.А. Леонов //Аргументы недели. – 2007. – № 16. – С. 5.
103. Лубите, Я.И. Азотный режим почв Красноярской лесостепи: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. – Красноярск, 1969. – 29 с.

104. Любимова, Е.Л. Растиельность лесостепи и зоны травянистых лесов Красноярского края / Е.Л. Любимова // Природное районирование центральной части Красноярского края и некоторые вопросы пригородного хозяйства. – М.: Изд-во АН СССР, 1962 – С. 104-123.
105. Макеев, О.В. Дерновые таежные почвы юга Средней Сибири / О.В. Макеев. – Улан-Удэ, 1959. – 350 с.
106. Мальцев, В.Т. Условия азотного питания полевых культур и применение азотных удобрений на почвах Приангарья: автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / Мальцев Валерий Трофимович. – Омск, 2000 – 33 с.
107. Медведев, И.Ф. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия и их роль в повышении плодородия черноземных почв / И.Ф. Медведев // Основы рационального природопользования: сб. науч. работ. – Саратов, СГАУ им. Н.И. Вавилова, 1999. – С. 66-74.
108. Медведев, И.Ф. Проблемы реабилитации и рационального использования почвенного плодородия / И.Ф. Медведев // Повышение эффективности использования агробиоклиматического потенциала Юго-Восточной зоны России. – Саратов, 2005. – С. 243-253.
109. Медведев, И.Ф. Физические и водно-физические свойства чернозема при залежном состоянии / И.Ф. Медведев, С.В. Каземиров, И.И. Елистратова // Плодородие. – № 4 (43). - 2008. - С. 26-27.
110. Методические рекомендации по выявлению массивов заброшенных пашен / сост. В.А. Долотов, Н.Н. Семенова, Б.Ф. Апарин. – М.: Почв. Ин-т им В.В. Докучаева, 1990. – 52 с.
111. Методы стационарного изучения почв. – М.: Наука, 1977.
112. Мишустин, Е.Н. Роль микробиологического фактора в образовании почвенной структуры / Е.Н. Мишустин // Микробиология. – 1941. – Т.10. Вып.3 – С. 342-356.
113. Мишустин, Е.Н. Ценозы почвенных микроорганизмов / Е.Н. Мишустин // Почвенные микроорганизмы как компоненты биогеоценоза. – М.: Наука, 1984. – С. 5-24.

114. Надеждин, Б.В. К вопросу о взаимодействии древесной растительности и почв в сосновых лесах южной части Средней Сибири / Б.В. Надеждин. – Новосибирск: Изд-во ВСФ АН СССР. – 1957. – Вып. 3. – С.117-125.
115. Назарюк, В.М., Калимуллина, Ф.Р. Эффективность минеральных удобрений и растительных остатков при длительном использовании / В.М. Назарюк, Ф.Р. Калимуллина // Доклады Россельхозакадемии. – 2010. – № 1. – С. 29–31.
116. Овчинникова, М.Ф. Изменение свойств дерново-подзолистой почвы в постагрогенный период / М.Ф. Овчинникова, И.А. Перова, О.В. Карева, О.А. Макаров // Агрохимический вестник. – №1. – 2013. – С. 2-5.
117. Орлов, Д.С., Гришина, Л.А. Практикум по химии гумуса. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 271 с.
118. Паринкина, О.М. Микробиологические аспекты уменьшения естественного плодородия почв при сельскохозяйственном использовании / О.М. Паринкина, Н.В. Клюева // Почвоведение. – 1995. – №5. – С. 573-581.
119. Перельман, А.И. Геохимический ландшафт как самоорганизующаяся система // Вестник МГ. – 1995. – №4. – С. 10-16.
120. Полякова, Н.В. Использование биологических параметров для оценки окультуренности серых лесных почв / Н.В. Полякова, Ю.Н. Платонычева, Е.Н. Володина, М.А. Нарчев // Плодородие – №4 – 2010. – с. 40-41
121. Пономарева, А. Т. Фосфатный режим почв и фосфорные удобрения. — Алма-Ата, Кайнар, 1970. — 109 с.
122. Попова, Э.П., Лубите, Я.И. Биологическая активность и азотный режим почв Красноярской лесостепи. – Красноярск, 1975. – 80 с.
123. Попова, Э.П. Биологическая активность почв Красноярской лесостепи: автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Красноярск, 1979. – 30 с.
124. Прокошев, А.М. Почвы вятского края / А.М. Прокошев. – Киров: Кировский пединститут, 1992. – 88 с.
125. Прокошев, В.В., Дерюгин, И.П. Калий и калийные удобрения / В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.

126. Рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения.- М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 76 с.
127. Ревенский, В.А. Агрохимические основы оптимизации минерального питания растений и воспроизведения плодородия почв Забайкалья: автореф. дисс. ... д-ра биол. наук: 06.01.04 / Ревенский Василий Афанасьевич. – Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2002. – 47 с.
128. Роде, А.А. Генезис почв и современные процессы почвообразования / А.А. Роде. – М.: Наука, 1984. - 255 с.
129. Розанов, Б.Г. Генетическая морфология почв / Б.Г. Розанов. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 294 с.
130. Розанов, Б.Г. Морфология почв / Б.Г. Розанов. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 320 с.
131. Розанов, В.В., Белобров, В.П., Замотаев, И.В. Почвенно-экологическая оценка природных и антропогенных ландшафтов / В.В. Розанов, В.П. Белобров, И.В. Замотаев // Агрохимический вестник. – №5. – 2008. – С. 16-18.
132. Рудой, Н.Г. Агрохимия почв Средней Сибири / Н.Г. Рудой. – Красноярск, 2004. – 166 с.
133. Савич, В.И. Применение вариационной статистики в почвоведении / В.И. Савич. – М.: Типография Моск. с.-х. академ. им. Тимирязева, 1972. – 104 с.
134. Сатаров, Г.А. Плодородие черноземов и эффективность удобрений в Поволжье / Г.А. Сатаров. – М.: изд-во МГУ, 1999. – 176 с.
135. Семина, Е.В. Серые лесные почвы Красноярской лесостепи и некоторые вопросы их генезиса / Е.В. Семина // Почвоведение. – №1. – 1961. – С. 29-39.
136. Семина, Е.В. Почвенный покров Красноярской лесостепи / Е.В. Семина // Природное районирование центральной части Красноярского края и некоторые вопросы пригородного хозяйства. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 75-89.
137. Семина, Е.В. Черноземы и серые лесные почвы Красноярской лесостепи / Е.В. Семина // Почвы Центрально-Европейской и Средне-Сибирской лесостепей. – М., 1974. – С. 119-129.

138. Семенова-Тян-Шанская, А.М. Восстановление растительности на степных залежах в связи вопросом о «происхождении» видов / А.М. Семенова-Тян-Шанская // Ботанический журнал. – 1953. – Т. 38. – № 6. - С.862-873.
139. Середина, В.П. Калийное состояние почв и факторы ее определяющие: на примере почв Западно-Сибирской равнины: автореф. дис. ... док. биол. наук: 03.00.27 / Середина Валентина Петровна. – Томск, 2003. - 42 с.
140. Славнина, Т.П. Азот в почвах элювиального ряда. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1978. – 390 с.
141. Сорокина, О.А. Агрогенная трансформация серых лесных почв: монография / О.А. Сорокина. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ. – 2008. – 176 с.
142. Сорокина, О.А. Изменение агрохимических свойств серых почв при их освоении и сельскохозяйственном использовании в Красноярской лесостепи / О.А. Сорокина // Вестник КрасГАУ. – 2006. – №6. – С.14-16.
143. Сорокина, Н.П. Постагогенная трансформация дерново-подзолистых почв в разновозрастных залежах / Н.П. Сорокина, Д.Н. Козлов, И.В. Кузнецова, Е.А. Шишконакова // Экологические функции лесных почв в естественных и нарушенных ландшафтах. – Апатиты. – 2011. – С. 126-134.
144. Справочник агронома Сибири // под редакцией И. И. Синягина, А.Т. Тютюнникова. - Москва: Колос, 1978. – 526 с.
145. Справочное пособие землеустроителя // под ред. В.Я. Заплетина. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1995. – 396 с.
146. Степанов, А.Г. Калий в почвах равнинной части Южного Предбайкалья: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 1987. - 17 с.
147. Сюта Я. Влияние восстановительных процессов и подкисления на растворимость минеральных соединений почвы / Я. Сюта // Почвоведение. – №5. – 1962. – С. 62-72.
148. Танделов, Ю.П. Особенности кислых почв Красноярского края и эффективность известкования / Ю.П. Танделов, О.В. Ерышева. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2003. – С. 146.

149. Танделов, Ю.П., Ерышова, О.В. Состояние плодородия кислых почв Приенисейской Сибири, эффективность минеральных удобрений и химических мелиорантов / Ю.П. Танделов, О.В. Ерышова. – М., 2001. – 115 с.
150. Тейт, Р. Органическое вещество почвы: Биологические и экологические аспекты. – М.: Мир, 1991. – 400 с.
151. Титлянова, А.А. Биологический круговорот углерода в травяных биогеоценозах / А.А. Титлянова. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1977. – 219 с.
152. Титлянова, А.А., Косых, Н.П. Изменение растительного покрова и первичной продукции в Южной Сибири за последние 150 лет /А.А. Титлянова, Н.П. Косых // Проблемы региональной экологии. – Томск, 2000. – С. 46-47.
153. Токавчук, В.В. Некоторые агрохимические показатели почв залежей лесостепной зоны Красноярского края / В.В. Токавчук // Молодые ученые – науке Сибири. – Красноярск, 2008. – Выпуск 3. – С. 31-34.
154. Токавчук, В.В., Сорокина, О.А. Оценка влияния леса на агрохимические свойства почв залежей лесостепной зоны / В.В. Токавчук, О.А. Сорокина // Вестник КрасГАУ. – 2009. – №6 – С. 9-17.
155. Токавчук, В.В. Оценка свойств серых почв при восстановлении леса на залежных землях лесостепной зоны: дисс. .... канд. биол. наук: 03.02.13 / Токавчук Владимир Владимирович. – Красноярск, 2010. – 230 с.
156. Толковый словарь по почвоведению. – М.: Наука, 1975. – 86 с.
157. Топтыгин, В.В., Крупкин, П.И., Пахтаев, Г.П. Природные условия и природное районирование земледельческой части Красноярского края. – Красноярск. – 2002. – С. 86-94.
158. Фатьянов, А.С., Тайчинов, С.Н. Почвоведение: учебник / А.С. Фатьянов, С.Н. Тайчинов. – М.: Колос, 1972. – 480 с.
159. Хижняк, С.В., Мучкина, Е.Я. Математические методы в биологии и экологии. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2005. – 54 с.

160. Хисматуллин, Ш.Д. Почвенный покров и особенности главнейших почв Ангаро-Бирюсинского междуречья / Ш.Д. Хисматуллин. // Почвоведение. – 1970. – №2. – С.30-43.
161. Хитров, Н.Б. Сокращение пахотных угодий и посевных площадей в России, агроэкологическая оценка их состояния и перспективы дальнейшего использования, задачи нормативно-правового и научного обеспечения рационального использования и охраны земель / Н.Б. Хитров, Б.Ф. Апарин, И.И. Карманов, Д.С. Булгаков, Э.Н. Молчанов, В.А. Рожков, П.Ф. Лойко, В.С. Столбовой // Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота. – М., 2008. – С. 14-29.
162. Черепнин, Л.М. Растительный покров южной части Красноярского края и задачи его изучения / Л.М. Черепнин // Ученые зап. Краснояр. пед. ин-та. – 1956. – Т. 5. – С. 3-43.
163. Черепнин, Л.М. Растительность Красноярского края / Л.М. Черепнин // Природные условия Красноярского края. М.: Изд-во АН СССР, 1961. – С. 160-187.
164. Черкасов, Г.Н. Матюсенко, Н.П. Состояние и пути рационального использования залежных земель в условиях центрального Черноземья / Г.Н. Черкасов, Н.П. Матюсенко // Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота. – Москва. – 2008. – С.184-191.
165. Чириков, Ф.В. Агрохимия калия и фосфора / Ф.В. Чириков. – М., Сельхозгиз, 1956. – 464 с.
166. Чуб, М.П. Оптимизация минерального питания культур в севооборотах на черноземах и темно-каштановых почвах засушливого Поволжья: автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук, - Саратов, 1989. – 44 с.
167. Чуб, М.П. Черноземные почвы Поволжья, их распространение, состав и использование (на примере Саратовской области) / М.П. Чуб, И.Ф. Медведев, Э.С. Гюрова // Плодородие черноземных почв – М.: РАСХН-ВИУА, 1998. – С. 509-553.

168. Чупрова, В.В. Некоторые свойства и признаки почв Красноярской лесостепи / В.В. Чупрова // Труды КСХИ, 1971. – Т. 22. – С. 105-117.
169. Чупрова, В.В. Экологическое почвоведение: учеб. пособие / В.В. Чупрова. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2005. – 172 с.
170. Чупрова, В.В. Углерод и азот в агроэкосистемах Средней Сибири / Чупрова В.В. – Красноярск: КГАУ, 1997. — 166 с.
171. Шабанов, М.В. Процессы постагрогенной трансформации минеральной части дерново-подзолистых почв примере железа, алюминия и марганца: автореф. дисс. ... канд. биол. наук., Санкт-Петербург, 2007 – 18 с.
172. Штикане, Ю.А. Слагаемые интенсивного земледелия / Ю.А. Штикане // Земледелие. – 1988. – №10. – С. 17-19.
173. Шугалей, Л.С. Водный и питательный режим почв Красноярской лесостепи: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Л.С. Шугалей. – Красноярск, 1969. – С. 30.
174. Шугалей, С.Л. Антропогенез лесных почв юга Средней Сибири / Л.С. Шугалей. – Новосибирск: Наука, 1991. – 184 с.
175. Шуровенков, Б.Г. О динамике растительного покрова на разновозрастных залежах // Ботанический журнал. 1956. - Т.41. - №6 - С. 880-883.
176. Щеглов, Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. – М.: Наука, 1999. – 210 с.
177. Юсупова, Ю.Р., Ваничева Е.В., А.Г. Фазылова. Влияние многолетней залежи на изменение физических свойств старопахотного горизонта светло-серой лесной почвы // Почвы Хакасии, их использование и охрана. – Абакан, 2012. – С. 269-274.
178. Якименко, В.Н. Калий в почвах агроценозов Западной Сибири: автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 2003. – 30 с.
179. Ярков, С.П. Образование закисного железа и особенности фосфорного питания в дерново-подзолистых почвах / С.П. Ярков, Е.В. Кулаков, И.С. Кауричев // М.: Почвоведение, 1950. – С. 45-78

180. Яшихин, Г. И. Гидротермический режим серых лесных почв. – Новосибирск: Наука, 1991. – 163 с.
181. Beck, T. Der Einfluss landjariqen Bewirtschaftungsweise auf Bodenmicrobiologische Eigenschaften / T. Beck // Kali-Briefe (Bunthaf). – 1990. – P. 17-29.
182. Bouma, T.J. Estimating respiration of roots in soil: Interactions with soil CO<sub>2</sub>, soil temperature and soil water content / T.J. Bouma, K.L. Nielsen, D.M. Eissenst, J.P. Lynch // Plant and Soil. – 1997. - P. 221-232.
183. Harmsen, K., Breeman, N. A modes for the simultaneous and diffusion of ferrous iron in submerged soils. "Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1975. – P. 1063-1068.
184. Rnops Johannes, M. H., Tilman, D. Dynamics of soil nitrogen and carbon accumulation for 61 years after agricultural abandonment // Ecology (USA). 2000 – № 1. – P. 88-98.

## **Приложение**

Приложение 1

Статистические параметры показателей потенциального плодородия почв Красноярской лесостепи, 2011 г.

Объекты исследований																							
залежь								пашня						сенокос									
M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p	M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p	M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p
Красноярская лесостепь, 2011 г.																							
Гумус, %																							
0-10 см																							
8		0,1	0,01					3,8		0,3	0,09					6,4		-0,6	0,36				
7		1,1	1,21					4,5		-0,4	0,16					5,9		-0,1	0,01				
7,6		0,5	0,25					4,2		-0,1	0,01					6,2		-0,4	0,16				
7		1,1	1,21					4,4		-0,3	0,09					5,3		0,5	0,25				
8		0,1	0,01					4,1		0	0					5,1		0,7	0,49				
7,8		0,3	0,09					4,1		0	0					7,1		-1,3	1,69				
7,7		0,4	0,16					3,9		0,2	0,04					5,8		0	0				
8,4		-0,3	0,09					3,8		0,3	0,09					5,1		0,7	0,49				
11,5		-3,4	11,56					4,4		-0,3	0,09					5,8		0	0				
8,1	8,1	0	0	1,273	0,403	15,7	4,97	4,2		-0,1	0,01					5,9		-0,1	0,01				
10-20 см																							
4,7		0,9	0,81					3,8		-0,1	0,01					5,3		-1,1	1,21				
4,8		0,8	0,64					4,1		-0,4	0,16					5		-0,8	0,64				
4,4		1,2	1,44					3		0,7	0,49					4,4		-0,2	0,04				
5,1		0,5	0,25					3,8		-0,1	0,01					3,8		0,4	0,16				
5,9		-0,3	0,09	0,929	0,294	16,6	5,25	4,2		-0,5	0,25					2,5		1,7	2,89				
6,1		-0,5	0,25					3,4		0,3	0,09					3		1,2	1,44				
7,1		-1,5	2,25					3,5		0,2	0,04					4,4		-0,2	0,04				
7		-1,4	1,96					3,7		0	0					4,8		-0,6	0,36				
5,8		-0,2	0,04					3,9		-0,2	0,04					4,3		-0,1	0,01				
5,4		0,2	0,04					3,4		0,3	0,09					4,6		-0,4	0,16				
Нобщ., %																							
0-10 см																							
0,419		0,017	3E-04					0,196		0,01	0,0001					0,339		-0,011	0,00012				
0,363		0,073	0,005					0,212		-0,006	4E-05					0,363		-0,035	0,00123				
0,386		0,05	0,003					0,215		-0,009	8E-05					0,356		-0,028	0,00078				
0,382		0,054	0,003					0,224		-0,018	0,0003					0,304		0,024	0,00058				
0,477		-0,04	0,002					0,231		-0,025	0,0006					0,275		0,053	0,00281				
0,459		-0,02	5E-04					0,224		-0,018	0,0003					0,382		-0,054	0,00292				
0,436		0	0	0,087	0,028	20	6,32	0,206		0,027	0,0007					0,318		0,01	0,0001				
0,436		0,084	0,007					0,179		0,067	0,0045					0,318		0,01	0,0001				
0,653		-0,22	0,047					0,212		-0,006	4E-05					0,301		0,027	0,00073				
0,436		0	0					0,228		-0,022	0,0005					0,328		0	0				

Здесь и далее:  $M$  – повторности,  $Mср$  – среднее арифметическое,  $α$  – отклонение от среднеарифметического,  $α^2$  – квадрат отклонения,  $δ$  – стандартное отклонение,  $m$  – ошибка стандартного отклонения,  $Cv, \%$  – коэффициент пространственного варьирования,  $p$  – ошибка варьирования.

Продолжение приложения 1

10-20 см																				
0,257		0,068	0,005				0,201		0,008	6E-05				0,273		-0,088	0,00774			
0,272		0,053	0,003				0,221		-0,012	0,0001				0,198		-0,013	0,00017			
0,25		0,075	0,006				0,219		-0,01	0,0001				0,168		0,017	0,00029			
0,307		0,018	3E-04				0,224		-0,015	0,0002				0,119		0,066	0,00436			
0,371	0,325	-0,05	0,002	0,063	0,02	19,4	6,15	0,209	-0,009	8E-05	0,012	0,004	5,7	1,78	0,107	0,078	0,00608	0,057	0,018	
0,371		-0,05	0,002				0,218		0,013	0,0002				0,135		0,05	0,0025			
0,411		-0,09	0,007				0,196		0,014	0,0002				0,171		0,014	0,0002			
0,422		-0,1	0,009				0,195		0,01	1E-04				0,187		-0,002	4E-06			
0,3		0,025	6E-04				0,199		-0,012	0,0001				0,24		-0,055	0,00303			
0,296		0,029	8E-04				0,221		0,006	4E-05				0,257		-0,072	0,00518			
воднорастворимый гумус, %																				
0-10 см																				
0,12		-0,01	1E-04				0,064		0,006	4E-05				0,091		-0,0028	7,8E-06			
0,095		0,013	2E-04	0,1082	0,011	0,005	9,9	4,38	0,079	-0,009	8E-05	0,00552	0,002	7,9	3,51	0,086	0,0022	4,8E-06	0,0053	0,002
0,113		-0	2E-05				0,069		0,001	1E-06				0,088		0,0002	4E-08	6	2,27	
0,099		0,009	8E-05				0,07		0	0				0,081		0,0072	5,2E-05			
0,114		-0,01	3E-05				0,068	0,07	0,002	4E-06				0,095		-0,0068	4,6E-05			
10-20 см																				
0,077		0,003	9E-06				0,063		0,001	1E-06				0,081		-0,0108	0,00012			
0,079		0,001	1E-06	0,08	0,005	0,002	6,4	2,83	0,067	-0,003	9E-06	0,00548	0,002	8,6	3,8	0,079	-0,0088	7,7E-05	0,011	0,0049
0,074		0,006	4E-05				0,055		0,009	8E-05				0,073		-0,0028	7,8E-06	15,9	6,97	
0,083		-0	9E-06				0,066		-0,002	4E-06				0,063		0,0072	5,2E-05			
0,087		-0,01	5E-05				0,069	0,064	-0,005	3E-05				0,055		0,0152	0,00023			
C:N																				
0-10 см																				
11,1		-0,2	0,04				11,2		0,6	0,36				10,9		-0,6	0,36			
11,2		-0,3	0,09				12,3		-0,5	0,25				9,4		0,9	0,81			
11,4		-0,5	0,25				11,3		0,5	0,25				10,1		0,2	0,04			
10,6		0,3	0,09				11,4		0,4	0,16				10,1		0,2	0,04			
9,7		1,2	1,44	10,9	0,179	0,057	1,64	3,42	10,3	1,5	2,25	1,59	0,503	13,5	4,26	10,7	-0,4	0,16	0,628	0,198
9,8		1,1	1,21				10,6		1,2	1,44				10,8		-0,5	0,25			
10,2		0,7	0,49				12,6		-0,8	0,64				10,6		-0,3	0,09	6,1	1,92	
13,8		-2,9	8,41				15,8		-4	16				9,3		1	1			
10,2		0,7	0,49				12		-0,2	0,04				11,2		-0,9	0,81			
10,9		0	0				10,7		1,1	1,21				10,3		0	0			

Продолжение приложения 1

10-20 см																									
10,6	10,1	-0,5	0,25	0,615	0,195	6,1	1,92	10,9	10,2	-0,7	0,49	0,935	0,296	9,1	2,9										
10,2		-0,1	0,01					10,7		-0,5	0,25														
10,2		-0,1	0,01					7,9		2,3	5,29														
9,6		0,5	0,25					9,8		0,4	0,16														
9,2		0,9	0,81					11,2		-1	1														
9,5		0,6	0,36					10		0,2	0,04														
10		0,1	0,01					10,4		-0,2	0,04														
9,6		0,5	0,25					10,8		-0,6	0,36														
11,2		-1,1	1,21					10,2		0	0														
10,6		-0,5	0,25					9,7		0,5	0,25														
pH <sub>H2O</sub>																									
0-10 см																									
5,8	6	0,2	0,04	0,112	0,035	1,9	0,59	5,5	5,8	0,3	0,09	0,164	0,052	2,9	0,89										
5,9		0,1	0,01					5,7		0,1	0,0001														
6,1		-0,1	0,01					6		-0,2	0,04														
6,1		-0,1	0,01					5,8		0	0,0001														
5,9		0,1	0,01					5,6		0,2	0,04														
6		0	0					5,7		0,1	0,01														
6,1		-0,1	0,01					5,8		0	0														
5,9		0,1	0,01					5,6		0,2	0,04														
6		0	0					5,7		0,1	0,0001														
5,9		0,1	0,01					6		-0,2	0,04														
10-20 см																									
6	5,9	-0,1	0,01	0,084	0,027	1,1	0,33	5,9	5,8	-0,1	0,01	0,061	0,019	2,8	0,88										
5,9		0	0					6		-0,2	0,04														
5,9		0	0					5,9		-0,1	0,01														
5,8		0,1	0,01					6		-0,2	0,04														
6		-0,1	0,01					5,7		0,1	0,01														
6		-0,1	0,01					5,7		0,1	0,01														
6		-0,1	0,01					5,6		0,2	0,04														
6,1		-0,2	0,04					5,6		0,2	0,04														
6		-0,1	0,01					5,7		0,1	0,01														
5,9		0	0					5,7		0,1	0,01														

Продолжение приложения 1

pH <sub>KCl</sub>																										
0-10 см																										
5,1	0	0	0,248	0,083	5,5	1,83	4,9	-0,1	0,01	0,163	0,052	3,4	1,09	4,7	0	0	0,134	0,042	3	0,95						
4,6	0,5	0,25					5	-0,2	0,04					4,6	0,1	0,01										
5,5	-0,4	0,16					4,9	-0,1	0,01					4,7	0	0										
4,9	0,2	0,04					5	-0,2	0,04					4,8	-0,1	0,01										
5	0,1	0,01					4,8	0	0					4,9	-0,2	0,04										
5,1	0	0					4,8	0	0					4,6	0,1	0,01										
5	0,1	0,01					4,8	0	0					4,7	0	0										
5,1	0	0					4,6	0,2	0,04					4,7	0	0										
5,4	-0,3	0,09					4,7	0,1	0,01					4,4	0,3	0,09										
5,1							4,5	0,3	0,09					4,6	0,1	0,01										
10-20 см																										
4,8	0,1	0,01	0,126	0,04	2,6	0,81	4,8	-0,2	0,04	0,173	0,055	3,8	1,19	4,8	-0,3	0,09	0,196	0,062	4,4	1,38						
5,1	-0,2	0,04					4,7	-0,1	0,01					4,7	-0,2	0,04										
5	-0,1	0,01					4,8	-0,2	0,04					4,8	-0,3	0,09										
4,8	0,1	0,01					4,8	-0,2	0,04					4,4	0,1	0,01										
4,9	0	0					4,6	0	0					4,5	0	0										
4,9	0	0					4,7	-0,1	0,01					4,4	0,1	0,01										
5,1	-0,2	0,04					4,4	0,2	0,04					4,7	-0,2	0,04										
4,9	0	0					4,4	0,2	0,04					4,5	0	0										
5,1	-0,2	0,04					4,5	0,1	0,01					4,3	0,2	0,04										
4,8	0,1	0,01					4,4	0,2	0,04					4,3	0,2	0,04										
S, м-моль/100 г почвы																										
0-10 см																										
36,6	-2,1	4,41	2,104	0,701	6,1	2,15	27	-1,7	2,89	1,789	0,566	7,1	2,24	28,4	-1,4	1,96	2,054	0,65	7,6	2,41						
34,8	-0,3	0,09					24,8	0,5	0,25					27,2	-0,2	0,04										
35	-0,5	0,25					27,6	-2,3	5,29					28,8	-1,8	3,24										
34,4	0,1	0,01					25,4	-0,1	0,01					23,6	3,4	11,56										
33,6	0,9	0,81					25	0,3	0,09					30	-3	9										
33,8	0,7	0,49					25,8	-0,5	0,25					25	2	4										
34,2	0,3	0,09					25	0,3	0,09					28,2	-1,2	1,44										
30,2	4,3	18,49					22,8	2,5	6,25					27	0	0										
38,4	-3,9	15,21					22,4	2,9	8,41					24,4	2,6	6,76										
34,4	0,1	0,01					27,6	-2,3	5,29					27	0	0										

Продолжение приложения 1

10-20 см																		
27		3,9	15,21				26		-3,3	10,89				27		-4	16	
30		0,9	0,81				21,6		1,1	1,21				24,8		-1,8	3,24	
28,8		2,1	4,41				26,4		-3,7	13,69				23,8		-0,8	0,64	
29,2		1,7	2,89				21		1,7	2,89				19		4	16	
34		-3,1	9,61				23,2		-0,5	0,25				21		2	4	
33		-2,1	4,41				21		1,7	2,89				21,6		1,4	1,96	
33		-2,1	4,41				19		3,7	13,69				25		-2	4	
34		-3,1	9,61				18,4		4,3	18,49				24,4		-1,4	1,96	
29,2		1,7	2,89				25,6		-2,9	8,41				22,6		0,4	0,16	
30,8		0,1	0,01				25,2		-2,5	6,25				20,8		2,2	4,84	
Нг, м-моль/100 г почвы																		
0-10 см																		
2,8		0,1	0,01				2,6		-0,1	0,01				2,8		-0,1	0,01	
2,7		0,2	0,04				2,4		0,1	0,01				2,7		0	0	
2,6		0,3	0,09				2,5		0	0				2,6		0,1	0,01	
2,9		0	0				2,2		0,3	0,09				2,8		-0,1	0,01	
2,7		0,2	0,04				2,3		0,2	0,04				2,8		-0,1	0,01	
2,9		0	0				2,7		-0,2	0,04				2,9		-0,2	0,04	
3		-0,1	0,01				2,6		-0,1	0,01				2,5		0,2	0,04	
3,1		-0,2	0,04				2,8		-0,3	0,09				2,7		0	0	
3		-0,1	0,01				2,7		-0,2	0,04				2,8		-0,1	0,01	
3	2,9	-0,1	0,01	0,164	0,052	5,7	1,92	2,5	2,5	0	0	0,189	0,059	7,6	2,39	2,5	0,2	0,04
10-20 см																		
2,7		0,1	0,01				2,4		0	0				3		-0,3	0,09	
2,7		0,1	0,01				2,4		0	0				2,8		-0,1	0,01	
2,9		-0,1	0,01				2,3		0,1	0,01				2,6		0,1	0,01	
2,5		0,3	0,09				2,2		0,2	0,04				2,6		0,1	0,01	
2,8		0	0				2,3		0,1	0,01				2,9		-0,2	0,04	
2,6		0,2	0,04				2,6		-0,2	0,04				2,9		-0,2	0,04	
2,8		0	0				2,6		-0,2	0,04				2,5		0,2	0,04	
2,9		-0,1	0,01				2,7		-0,3	0,09				2,8		-0,1	0,01	
3		-0,2	0,04				2,5		-0,1	0,01				2,7		0	0	
3		-0,2	0,04				2,4		0	0				2,5		0,2	0,04	
0,166	0,053	5,93	1,87	2,4	0,158	0,05	6,5	2,08	2,7	0,178	0,056	6,5	2,07					

## Продолжение приложения 1

V, %																	
0-10 cm																	
92,9	92,4	-0,5	0,25				91,2	90,8	-0,4	0,16			91	90,8	-0,2	0,04	
92,8		-0,4	0,16				91,1		-0,3	0,09			91		-0,2	0,04	
93		-0,6	0,36				91,7		-0,9	0,81			91,7		-0,9	0,81	
92,2		0,2	0,04				92		-1,2	1,44			89,4		1,4	1,96	
92,5		-0,1	0,01				91,5		-0,7	0,49			91,5		-0,7	0,49	
92,6		-0,2	0,04				90,5		0,3	0,09			89,6		1,2	1,44	
91,9		0,5	0,25				90,5		0,3	0,09			91,8		-1	1	
90,7		1,7	2,89				89		1,8	3,24			90,9		-0,1	0,01	
92,8		-0,4	0,16				89,2		1,6	2,56			89,7		1,1	1,21	
92,5		-0,1	0,01	0,681	0,215	0,7	0,23		-0,9	0,81	1,042	0,33	1,2	0,36	91,5	-0,7	0,49
10-20 cm																	
90,9	91,7	0,8	0,64				91,5	90,2	-1,3	1,69			90	89,3	-0,7	0,49	
91,7		0	0				90		0,2	0,04			89,8		-0,5	0,25	
90,9		0,8	0,64				92		-1,8	3,24			90,2		-0,9	0,81	
92,1		-0,4	0,16				90,5		-0,3	0,09			88		1,3	1,69	
92,4		-0,7	0,49	0,722	0,228	0,8	0,25		-1,1	1,21	1,618	0,512	1,8	0,57	87,8	1,5	2,25
92,7		-1	1				91,3		1,2	1,44			88,2	1,1	1,21		
92,2		-0,5	0,25				89		2,2	4,84			90,9	-1,6	2,56		
92,1		-0,4	0,16				88		3	9			89,7	-0,4	0,16		
90,7		1	1				87,2		-0,9	0,81			89,3	0	0		
91,1		0,6	0,36				91,1		-1,1	1,21			89,2	0,1	0,01		

Приложение 2

Статистические параметры показателей потенциального плодородия почв Ачинско-Боготольской лесостепи, 2011 г.

Объекты исследований																														
залежь										пашня										сенохос										
M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p	M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p	M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p							
Ачинско-Боготольская лесостепь, 2011 г.																														
Гумус, %																														
0-10 см																														
7,9	8,3	0,4	0,16	1,443	0,457	17,4	5,49	4	4	0	0	0,284	0,089	7,1	2,25	5,9	5,7	-0,2	0,04	0,461	0,146	8,1	2,55							
7,7		0,6	0,36					4,2		-0,2	0,04					5,7		0	0											
10,4		-2,1	4,41					4,1		-0,1	0,01					5,9		-0,2	0,04											
9,7		-1,4	1,96					3,9		0,1	0,01					5,5		0,2	0,04											
8,7		-0,4	0,16					3,7		0,3	0,09					5,4		0,3	0,09											
8		0,3	0,09					4,5		-0,5	0,25					6,3		-0,6	0,36											
9,2		-0,9	0,81					4,3		-0,3	0,09					5,3		0,4	0,16											
9,2		-0,9	0,81					3,8		0,2	0,04					6,3		-0,6	0,36											
7,3		1	1					3,6		0,4	0,16					5,8		-0,1	0,01											
5,3		3	9					3,8		0,2	0,04					4,8		0,9	0,81											
10-20 см																														
5,1	5,6	0,5	0,25	0,716	0,226	12,8	4,04	3,8	4	0,2	0,04	0,319	0,101	7,9	2,52	5,3	4,4	-0,9	0,81	0,617	0,195	14	4,44							
5,3		0,3	0,09					3,8		0,2	0,04					5,2		-0,8	0,64											
6,6		-1	1					4,2		-0,2	0,04					5		-0,6	0,36											
5,8		-0,2	0,04					4,3		-0,3	0,09					4,7		-0,3	0,09											
6,7		-1,1	1,21					4,3		-0,3	0,09					4,3		0,1	0,01											
5,8		-0,2	0,04					3,8		0,2	0,04					4		0,4	0,16											
5,8		-0,2	0,04					4,4		-0,4	0,16					4,6		-0,2	0,04											
5,1		0,5	0,25					4,1		-0,1	0,01					3,8		0,6	0,36											
4,3		1,3	1,69					3,6		0,4	0,16					4		0,4	0,16											
5,6		0	0					3,5		0,5	0,25					3,5		0,9	0,81											
Нообщ., %																														
0-10 см																														
0,5	0,51	0,01	0,0001	0,099	0,031	19,4	6,08	0,21	0,22	0,01	0,0001	0,016	0,005	7,2	2,3	0,31	0,287	-0,02	0,0005	0,031	0,009	10,4	3,14							
0,48		0,03	0,0009					0,22		0	0					0,3		-0,01	0,0002											
0,64		-0,13	0,0169					0,23		-0,01	0,0001					0,33		-0,04	0,0018											
0,6		-0,09	0,0081					0,23		-0,01	0,0001					0,28		0,007	5E-05											
0,55		-0,04	0,0016					0,22		0	0					0,25		0,037	0,0014											
0,46		0,05	0,0025					0,24		-0,02	0,0004					0,31		-0,02	0,0005											
0,6		-0,09	0,0081					0,24		-0,02	0,0004					0,25		0,037	0,0014											
0,52		-0,01	0,0001					0,19		0,03	0,0009					0,29		-0	9E-06											
0,43		0,08	0,0064					0,22		0	0					0,31		-0,02	0,0005											
0,29		0,22	0,0484					0,19		0,03	0,0009					0,24		0,047	0,0022											

Продолжение приложения 2

10-20 см																														
0,31	0,35	0,04	0,0016	0,063	0,019	18	5,43	0,17	0,18	0,01	0,0001	0,018	0,006	9,7	3,33	0,28	0,24	-0,04	0,0016											
0,34		0,01	0,0001					0,15		0,03	0,0009					0,29		-0,05	0,0025											
0,44		-0,09	0,0081					0,21		-0,03	0,0009					0,28		-0,04	0,0016											
0,38		-0,03	0,0009					0,19		-0,01	0,0001					0,27		-0,03	0,0009											
0,42		-0,07	0,0049					0,19		-0,01	0,0001					0,22		0,02	0,0004											
0,37		-0,02	0,0004					0,18		0	0					0,24		0	0											
0,37		-0,02	0,0004					0,21		-0,03	0,0009					0,24		0	0											
0,31		0,04	0,0016					0,16		0,02	0,0004					0,21		0,03	0,0009											
0,23		0,12	0,0144					0,19		-0,01	0,0001					0,19		0,05	0,0025											
0,35		0	0					0,19		-0,01	0,0001					0,19		0,05	0,0025											
водорастворимый гумус, %																														
0-10 см																														
0,099	0,1142	0,0152	0,00023	0,01031	0,00458	9	4,01	0,067	0,066	-0,001	1E-06	0,00381	0,00169	5,8	2,56	0,086	0,0836	-0,0024	5,8E-06											
0,11		0,0042	1,8E-05					0,07		-0,004	1,6E-05					0,082		0,0016	2,6E-06											
0,126		-0,0118	0,00014					0,068		-0,002	4E-06					0,089		-0,0054	2,9E-05											
0,12		-0,0058	3,4E-05					0,065		0,001	1E-06					0,081		0,0026	6,8E-06											
0,116		-0,0018	3,2E-06					0,06		0,006	3,6E-05					0,08		0,0036	1,3E-05											
10-20 см																														
0,084	0,0886	0,0046	2,1E-05	0,00391	0,00174	4,4	1,96	0,061	0,065	0,004	1,6E-05	0,00316	0,00141	4,8	2,16	0,081	0,0744	-0,0066	4,4E-05											
0,085		0,0036	1,3E-05					0,063		0,002	4E-06					0,079		-0,0046	2,1E-05											
0,091		-0,0024	5,8E-06					0,065		0	0					0,075		-0,0006	3,6E-07											
0,09		-0,0014	2E-06					0,069		-0,004	1,6E-05					0,071		0,0034	1,2E-05											
0,093		0,0886	-0,0044	1,9E-05				0,067		-0,002	4E-06					0,066		0,0084	7,1E-05											
C:N																														
0-10 см																														
9,1	9,5	0,4	0,16	0,514	0,163	5,4	1,72	10,7	10,4	-0,3	0,09	0,684	0,217	6,6	2,08	11,2	11,5	0,3	0,09											
9,2		0,3	0,09					10,7		-0,3	0,09					10,8		0,7	0,49											
9,4		0,1	0,01					10,3		0,1	0,01					10,4		1,1	1,21											
9,4		0,1	0,01					9,8		0,6	0,36					11,2		0,3	0,09											
9,1		0,4	0,16					9,4		1	1					12,5		-1	1											
10		-0,5	0,25					10,9		-0,5	0,25					11,8		-0,3	0,09											
8,8		0,7	0,49					10,4		0	0					12,1		-0,6	0,36											
10,2		-0,7	0,49					11,2		-0,8	0,64					12,4		-0,9	0,81											
9,8		-0,3	0,09					9,4		1	1					10,9		0,6	0,36											
10,3		-0,8	0,64					11,3		-0,9	0,81					11,5		0	0											
																	0,707	0,224	6,1	1,95										

Продолжение приложения 2

10-20 см																								
9,5	9,4	-0,1	0,01	0,476	0,159	5,4	1,69	12,5	12,5	0	0	1,35	0,427	10,8	3,41									
9,2		0,2	0,04					14,5		-2	4			10,7	-0,3	0,09								
9,3		0,1	0,01					11,7		0,8	0,64				0,4	0,16								
8,9		0,5	0,25					13		-0,5	0,25				0,2	0,04								
9,3		0,1	0,01					13,1		-0,6	0,36				0,9	0,81								
9,2		0,2	0,04					12,4		0,1	0,01				-0,6	0,36								
9,1		0,3	0,09					12		0,5	0,25				1	1								
9,8		-0,4	0,16					14,6		-2,1	4,41				-0,4	0,16								
10,6		-1,2	1,44					10,7		1,8	3,24				-0,2	0,04								
9,4		0	0					10,7		1,8	3,24				-1,2	1,44								
pH <sub>H2O</sub>																								
0-10 см																								
5	5,1	0,1	0,01	0,276	0,087	5,4	1,71	5,4	5,4	0	0	0,108	0,034	1,9	0,63	5,1	-0,2	0,04						
5,1		0	0					5,5		-0,1	0,01					4,9	0	0						
5,2		-0,1	0,01					5,5		-0,1	0,01					4,8	0,1	0,01						
4,7		0,4	0,16					5,4		0	0					4,9	0	0						
5		0,1	0,01					5,5		-0,1	0,01					4,8	0,1	0,01						
5		0,1	0,01					5,5		-0,1	0,01					4,9	0	0						
5		0,1	0,01					5,6		-0,2	0,04					4,8	0,1	0,01						
5,3		-0,2	0,04					5,4		0	0					4,9	0	0						
5,7		-0,6	0,36					5,4		0	0					4,8	0,1	0,01						
5,4		-0,3	0,09					5,2		0,2	0,04					4,8	0,1	0,01						
10-20 см																								
5,6	5,7	0,1	0,01	0,189	0,063	3,6	1,11	5,4	5,3	-0,1	0,01	0,206	0,065	3,85	1,22	4,7	-0,1	0,01						
5,8		-0,1	0,01					5,3		0	0					4,9	-0,3	0,09						
5,5		0,2	0,04					4,9		0,4	0,16					4,8	-0,2	0,04						
5,7		0	0					5,3		0	0					4,5	0,1	0,01						
6		-0,3	0,09					5,4		-0,1	0,01					4,6	0	0						
5,6		0,1	0,01					5,5		-0,2	0,04					4,7	-0,1	0,01						
5,7		0	0					5,6		-0,3	0,09					4,7	-0,1	0,01						
5,9		-0,2	0,04					5,6		-0,3	0,09					4,7	-0,1	0,01						
6,1		-0,4	0,16					5,3		0	0					4,6	0	0						
5,7		0	0					5,2		0,1	0,01					4,5	0,1	0,01						

Продолжение приложения 2

pH <sub>KCl</sub>																									
0-10 см																									
4,4		0	0	0,097	0,031	2,2	0,69	4,3	0,1	0,01	0,085	0,027	1,5	0,61	4,1	-0,2	0,04	0,076	0,024	1,9	0,62				
4,3		0,1	0,01					4,4	0	0					3,9	0	0								
4,4		0	0					4,4	0	0					3,8	0,1	0,01								
4,2		0,2	0,04					4,3	0,1	0,01					4	-0,1	0,01								
4,4		0	0					4,3	0,1	0,01					3,9	0	0	0,076	0,024	1,9	0,62				
4,3		0,1	0,01					4,4	0	0					3,9	0	0								
4,2		0,2	0,04					4,4	0	0					3,8	0,1	0,01								
4,4		0	0					4,5	-0,1	0,01					4	-0,1	0,01								
4,5		-0,1	0,01					4,2	0,2	0,04					4,1	-0,2	0,04								
4,4		0	0					4,3	0,1	0,01					3,8	0,1	0,01								
10-20 см																									
4,6		0	0	0,364	0,121	7,9	2,63	4,3	0	0	0,095	0,03	2,4	0,69	3,8	0	0	0,207	0,065	5,4	1,71				
4,9		-0,3	0,09					4,3	0	0					3,8	0	0								
4,1		0,5	0,25					4,2	0,1	0,01					3,7	0,1	0,01								
4,8		-0,2	0,04					4,2	0,1	0,01					3,6	0,2	0,04								
4,7		-0,1	0,01					4,4	-0,1	0,01					3,5	0,3	0,09								
4		0,6	0,36					4,3	0	0					3,8	0	0	0,207	0,065	5,4	1,71				
4,4		0,2	0,04					4,4	-0,1	0,01					4,2	-0,4	0,16								
5		-0,4	0,16					4,3	0	0					4	-0,2	0,04								
5,1		-0,5	0,25					4,2	0,1	0,01					4	-0,2	0,04								
4,6		0	0					4,1	0,2	0,04					4	-0,2	0,04								
S, м-моль/100 г почвы																									
0-10 см																									
32,8		0,9	0,81	2,216	0,701	6,6	2,08	32	-3	9	3,856	1,22	13,3	4,21	36	1,5	2,25	2,746	0,869	7,3	2,32				
32,4		1,3	1,69					34,4	-5,4	29,16					41,2	-3,7	13,69								
34,8		-1,1	1,21					31,2	-2,2	4,84					40,8	-3,3	10,89								
30,8		2,9	8,41					27,6	1,4	1,96					36,8	0,7	0,49								
34		-0,3	0,09					28	1	1					36,4	1,1	1,21								
32,8		0,9	0,81					32,8	-3,8	14,44					38	-0,5	0,25	2,746	0,869	7,3	2,32				
37,6		-3,9	15,21					31,2	-2,2	4,84					34,8	2,7	7,29								
34		-0,3	0,09					25,2	3,8	14,44					39,2	-1,7	2,89								
36,8		-3,1	9,61					24	5	25					39,2	-1,7	2,89								
31,2		2,5	6,25					23,6	5,4	29,16					32,4	5,1	26,01								

Продолжение приложения 2

10-20 см																																	
33,6	32,9	-0,7	0,49	1,611	0,537	4,9	1,63	27,6	23,4	-4,2	17,64	3,725	1,179	15,9	5,04	37,6	30,8	-6,8	46,24	3,295	1,04	10,7	3,39										
33,2		-0,3	0,09					20		3,4	11,56					32		-1,2	1,44														
32,8		0,1	0,01					28,8		-5,4	29,16					32,8		-2	4														
32,8		0,1	0,01					24		-0,6	0,36					31,2		-0,4	0,16														
34,8		-1,9	3,61					22,4		1	1					30		0,8	0,64														
33,2		-0,3	0,09					26,4		-3	9					32		-1,2	1,44														
28,8		4,1	16,81					24,8		-1,4	1,96					31,6		-0,8	0,64														
32,8		0,1	0,01					23,2		0,2	0,04					28		2,8	7,84														
34,4		-1,5	2,25					18,4		5	25					26,8		4	16														
32,9		0	0					18		5,4	29,16					26,4		4,4	19,36														
Нг, м-моль/100 г почвы																																	
0-10 см																																	
5,4	5,5	0,1	0,01	0,191	0,06	3,5	1,09	3,7	4	0,3	0,09	0,179	0,057	4,5	1,42	5,7	5,3	-0,4	0,16	0,262	0,083	4,9	1,56										
5,6		-0,1	0,01					3,8		0,2	0,04					5,6		-0,3	0,09														
5,3		0,2	0,04					4,2		-0,2	0,04					5,4		-0,1	0,01														
5,5		0	0					4,1		-0,1	0,01					5,2		0,1	0,01														
5,5		0	0					4,1		-0,1	0,01					5,3		0	0														
5,7		-0,2	0,04					4		0	0					5,4		-0,1	0,01														
5,2		0,3	0,09					4,2		-0,2	0,04					5,2		0,1	0,01														
5,3		0,2	0,04					3,8		0,2	0,04					5,8		-0,5	0,25														
5,6		-0,1	0,01					4,1		-0,1	0,01					5,1		0,2	0,04														
5,8		-0,3	0,09					3,9		0,1	0,01					5		0,3	0,09														
10-20 см																																	
5,4	5,4	0	0	0,177	0,059	3,3	1,09	3,8	4	0,2	0,04	0,27	0,085	6,7	2,12	5,6	5,3	-0,3	0,09	0,263	0,083	5	1,57										
5,5		-0,1	0,01					3,7		0,3	0,09					5,5		-0,2	0,04														
5,2		0,2	0,04					4,5		-0,5	0,25					5,35		-0,05	0,002														
5,4		0	0					4,2		-0,2	0,04					5,15		0,15	0,022														
5,5		-0,1	0,01					4,1		-0,1	0,01					5,2		0,1	0,01														
5,6		-0,2	0,04					4		0	0					5,3		0	0														
5,1		0,3	0,09					4,1		-0,1	0,01					5,2		0,1	0,01														
5,5		-0,1	0,01					3,7		0,3	0,09					5,7		-0,4	0,16														
5,7		-0,3	0,09					4,3		-0,3	0,09					5,1		0,2	0,04														
5,4		0	0					3,8		0,2	0,04					4,8		0,5	0,25														

Продолжение приложения 2

V, %																	
0-10 см																	
85,8		0,1	0,01					89,6	-1,9	3,61			86,3	1,1	1,21		
85,2		0,7	0,49					90,1	-2,4	5,76			88	-0,6	0,36		
86,8		-0,9	0,81					88,1	-0,4	0,16			88,3	-0,9	0,81		
84,8		1,1	1,21					87	0,7	0,49			87,6	-0,2	0,04		
86	85,9	-0,1	0,01	1,073	0,339	1,2	0,39	87,2	0,5	0,25	1,555	0,4922	1,7	0,561	87,3	0,1	0,01
85,2		0,7	0,49					89,1	-1,4	1,96			87,6	-0,2	0,04		
87,8		-1,9	3,61					87,6	0,1	0,01			87	0,4	0,16		
86,5		-0,6	0,36					86,9	0,8	0,64			87,1	0,3	0,09		
86,8		-0,9	0,81					85,4	2,3	5,29			88,5	-1,1	1,21		
84,3		1,6	2,56					85,8	1,9	3,61			86,6	0,8	0,64		
10-20 см																	
86,2		-0,4	0,16					87,9	-2,8	7,84			87	-1,8	3,24		
85,8		0	0					84,4	0,7	0,49			85,3	-0,1	0,01		
86,3		-0,5	0,25					86,4	-1,3	1,69			85,8	-0,6	0,36		
85,8		0	0					85,1	0	0			85,7	-0,5	0,25		
86,3	85,8	-0,5	0,25	0,423	0,134	0,5	0,16	84,5	0,6	0,36	2,047	0,6479	2,4	0,761	85,2	0	0
85,5		0,3	0,09					86,8	-1,7	2,89			85,8	-0,6	0,36		
84,9		0,9	0,81					85,8	-0,7	0,49			85,8	-0,6	0,36		
85,6		0,2	0,04					86,2	-1,1	1,21			83	2,2	4,84		
85,8		0	0					81,1	4	16			84	1,2	1,44		
85,9		-0,1	0,01					82,5	2,6	6,76			84,6	0,6	0,36		

Приложение 3

Статистические параметры показателей эффективного плодородия почв Красноярской лесостепи, 2011 г.

Объекты исследований																							
залежь								пашня								сенокос							
M	Mср	a	a <sup>2</sup>	δ	m	Cv,%	p	M	Mср	a	a <sup>2</sup>	δ	m	Cv,%	p	M	Mср	a	a <sup>2</sup>	δ	m	Cv,%	p
Красноярская лесостепь, 2011 г.																							
N-N0 <sub>3</sub> , мг/кг																							
0-10 см																							
24		-9,2	84,64					3,8		-0,3	0,09					5,1		-1,2	1,44				
5		9,8	96,04					4,8		-1,3	1,69					4,2		-0,3	0,09				
9,6		5,2	27,04					4		-0,5	0,25					6,3		-2,4	5,76				
8,7		6,1	37,21					3,5		0	0					2,8		1,1	1,21				
19,1	14,8	-4,3	18,49	8,508	2,692	57,5	18,2	4,2	3,5	-0,7	0,49	0,817	0,259	23,2	7,39	2	3,9	1,9	3,61	1,498	0,474	38,4	
4,4		10,4	108,16					3,1		0,4	0,16					5,9		-2	4				
12,3		2,5	6,25					2,2		1,3	1,69					2,2		1,7	2,89				
12,3		2,5	6,25					2,8		0,7	0,49					2,8		1,1	1,21				
27,5		-12,7	161,29					2,5		1	1					3,8		0,1	0,01				
25,1		0	0					3,9		-0,4	0,16					3,9		0	0				
10-20 см																							
2		2,5	6,25					3,9		-0,4	0,16					1,4		0,4	0,16				
4,9		-0,4	0,16					3,8		-0,3	0,09					1,6		0,2	0,04				
9,8		-5,3	28,09					3,6		-0,1	0,01					2		-0,2	0,04				
2,6		1,9	3,61					3,5		0	0					2,2		-0,4	0,16				
3,2	4,5	1,3	1,69	2,469	0,781	54,9	17,4	3,4	3,5	0,1	0,01	0,749	0,237	21,7	6,77	1,5	1,8	0,3	0,09	0,396	0,125	22	
4,4		0,1	0,01					2,5		1	1					2,2		-0,4	0,16				
3		1,5	2,25					2,6		0,9	0,81					1,5		0,3	0,09				
6		-1,5	2,25					2,8		0,7	0,49					1,5		0,3	0,09				
6,8		-2,3	5,29					4,8		-1,3	1,69					1,5		0,3	0,09				
2,2		2,3	5,29					4,4		-0,9	0,81					2,5		-0,7	0,49				

Продолжение приложения 3

N-NH <sub>4</sub> , мг/кг																											
0-10 см																											
10,4		2,4	5,76	2,139	0,677	16,7	5,29	3,6	2,8	-0,8	0,64	0,765	0,242	27,3	8,65	4	5,6	1,6	2,56								
11,4		1,4	1,96					4,2		-1,4	1,96					4,8		0,8	0,64								
12,6		0,2	0,04					2,4		0,4	0,16					4,8		0,8	0,64								
15		-2,2	4,84					3,4		-0,6	0,36					5,6		0	0								
15		-2,2	4,84					2,2		0,6	0,36					7,9		-2,3	5,29								
13,2		-0,4	0,16					3,4		-0,6	0,36					5,6		0	0								
9,2		3,6	12,96					2,4		0,4	0,16					5,6		0	0								
12,2		0,6	0,36					2		0,8	0,64					5,8		-0,2	0,04								
16		-3,2	10,24					2		0,8	0,64					7,1		-1,5	2,25								
12,7		0,1	0,01					2,8		0	0					4,8		0,8	0,64								
10-20 см																											
10,2		1,4	1,96	2,414	0,764	20,8	6,59	1,8	2,3	0,5	0,25	0,338	0,107	14,7	4,65	1,9	2,2	0,3	0,09								
10,6		1	1					2		0,3	0,09					2,4		-0,2	0,04								
9		2,6	6,76					2,2		0,1	0,01					2,4		-0,2	0,04								
13,2		-1,6	2,56					2,8		-0,5	0,25					2		0,2	0,04								
14,6		-3	9					2,6		-0,3	0,09					2,8		-0,6	0,36								
12,6		-1	1					2,4		-0,1	0,01					2		0,2	0,04								
15		-3,4	11,56					2,2		0,1	0,01					1,9		0,3	0,09								
8,4		3,2	10,24					2		0,3	0,09					1,9		0,3	0,09								
13,6		-2	4					1,9		0,4	0,16					2,4		-0,2	0,04								
9,5		2,1	4,41					2,6		-0,3	0,09					2		0,2	0,04								
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг																											
0-10 см																											
440		-166,1	27589	84,48	26,74	30,8	9,76	145	189,5	44,5	1980	24,318	7,696	12,8	4,06	240	254	14	196								
265		8,9	79,21					220		-30,5	930,3					265		-11	121								
385		-111,1	12343					190		-0,5	0,25					235		19	361								
210		63,9	4083,2					190		-0,5	0,25					405		-151	22801								
250		23,9	571,21					175		14,5	210,3					360		-106	11236								
220		53,9	2905,2					175		14,5	210,3					255		-1	1								
160		113,9	12973					195		-5,5	30,25					315		-61	3721								
225		48,9	2391,2					215		-25,5	650,3					170		84	7056								
310		-36,1	1303,2					170		19,5	380,3					135		119	14161								
274		0	0					220		-30,5	930,3					160		94	8836								

Продолжение приложения 3

10-20 см																												
155	122,5	-32,5	1056,3	19,33	6,117	15,8	4,97	160	151	-9	81	20,656	6,537	13,7	4,33	75	96,5	21,5	462,25	13,754	4,352	14,3	4,51					
150		-27,5	756,25					190		-39	1521					100		-3,5	12,25									
140		-17,5	306,25					135		16	256					80		16,5	272,25									
120		2,5	6,25					125		26	676					120		-23,5	552,25									
105		17,5	306,25					125		26	676					110		-13,5	182,25									
100		22,5	506,25					165		-14	196					100		-3,5	12,25									
115		7,5	56,25					155		-4	16					95		1,5	2,25									
105		17,5	306,25					135		16	256					95		1,5	2,25									
120		2,5	6,25					160		-9	81					85		11,5	132,25									
115		7,5	56,25					160		-9	81					105		-8,5	72,25									
K <sub>2</sub> O, мг/кг																												
0-10 см																												
525,2	420,6	-104,6	10943	116,7	38,91	27,8	9,25	193,5	179,3	-14,2	201,6	16,469	5,212	9,2	2,91	393,3	398,1	4,75	22,5625	85,827	27,16	21,6	6,82					
294,8		125,79	15823					190,2		-10,9	118,8					438,3		-40,3	1620,06									
405,4		15,19	230,74					164,5		14,8	219					443,3		-45,3	2047,56									
353		67,59	4568,4					161,8		17,5	306,3					487,7		-89,7	8037,12									
433,5		-12,91	166,67					170,9		8,4	70,56					491,7		-93,7	8770,32									
489,5		-68,91	4748,6					174,4		4,9	24,01					380,1		17,95	322,203									
398,7		21,89	479,17					203,7		-24,4	595,4					485		-87	7560,3									
254,1		166,49	27719					178,9		0,4	0,16					294		104,1	10826,4									
631,1		-210,5	44314					198,7		-19,4	376,4					262,7		135,4	18319,6									
420,6		0	0					156,3		23	529					304,4		93,65	8770,32									
10-20 см																												
157,5	149,2	-8,3	68,89	15,74	4,98	10,5	3,34	130,3	119,9	-10,44	109	7,228	2,287	6	1,91	85,5	112,6	27,13	736,037	16,159	5,114	14,3	4,54					
170,6		-21,4	457,96					129,5		-9,64	92,93					113,6		-0,97	0,9409									
153,7		-4,5	20,25					120,2		-0,34	0,116					110,1		2,53	6,4009									
156,1		-6,9	47,61					122,9		-3,04	9,242					125,5		-12,9	165,637									
136,5		12,7	161,29					114,6		5,26	27,67					126,7		-14,1	197,965									
133		16,2	262,44					106,1		13,76	189,3					125,5		-12,9	165,637									
173,6		-24,4	595,36					119,5		0,36	0,13					136,9		-24,3	589,033									
131,8		17,4	302,76					123,3		-3,44	11,83					99,9		12,73	162,053									
147,6		1,6	2,56					115,2		4,66	21,72					95,4		17,23	296,873									
131,6		17,6	309,76					117		2,86	8,18					107,2		5,43	29,4849									

Приложение 4

Статистические параметры показателей эффективного плодородия почв Ачинско-Боготольской лесостепи, 2011 г.

Объекты исследований																								
залежь								пашня								сенохос								
M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p	M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p	M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p	
Ачинско-Боготольская лесостепь, 2011 г.																								
N-N <sub>0</sub> <sub>3</sub> , мг/кг																								
0-10 см																								
14,8		0,8	0,64					14		7	49					3,5		-0,2	0,04					
18,6		-3	9						30,1		-9,1	82,81					7,1		-3,8	14,44				
24		-8,4	70,56						20,1		0,9	0,81					5,5		-2,2	4,84				
15,1		0,5	0,25						15,1		5,9	34,81					3,5		-0,2	0,04				
8,9	15,6	6,7	44,89						19,8		1,2	1,44					2,6		0,7	0,49				
9,8		5,8	33,64						22,3		-1,3	1,69					1,9		1,4	1,96				
21,4		-5,8	33,64						24,1		-3,1	9,61					1,7		1,6	2,56				
20,5		-4,9	24,01						17,6		3,4	11,56					2		1,3	1,69				
6,9		8,7	75,69						19,2		1,8	3,24					3,8		-0,5	0,25				
15,5		0,1	0,01						28,1		-7,1	50,41					1,6		1,7	2,89				
10-20 см																								
10,5		2,9	8,41					6,9		1,9	3,61					2,57		-0,62	0,384					
15		-1,6	2,56						8,3		0,5	0,25					1,74		0,21	0,044				
20,1		-6,7	44,89						14,1		-5,3	28,09					1,82		0,13	0,017				
12		1,4	1,96						9,4		-0,6	0,36					1,45		0,5	0,25				
5,1	13,4	8,3	68,89						7,1		1,7	2,89					1,55		0,4	0,16				
8,1		5,3	28,09						11		-2,2	4,84					1,38		0,57	0,325				
23,4		-10	100						5		3,8	14,44					2,46		-0,51	0,26				
21,1		-7,7	59,29						6,2		2,6	6,76					1,26		0,69	0,476				
4,4		9	81						8,5		0,3	0,09					3,16		-1,21	1,464				
14		-0,6	0,36						11,9		-3,1	9,61					2,19		-0,24	0,058				

Продолжение приложения 4

N-NH <sub>4</sub> , мг/кг																	
0-10 см																	
14,4		3	9				2,2		0,8	0,64				6		-0,3	0,09
12,6		4,8	23,04				2,2		0,8	0,64				4,4		1,3	1,69
15,4		2	4				2,4		0,6	0,36				5,8		-0,1	0,01
16,4		1	1				5,8		-2,8	7,84				4,8		0,9	0,81
18,8	17,4	-1,4	1,96	3,24	1,025	18,62	5,89	3	0,2	0,04	1,134	0,359	37,8	11,96	5,7	0,9	0,81
15,4		2	4				2,8		-0,8	0,64				7,2		-1,5	2,25
24		-6,6	43,56				3,8		0,4	0,16				5		0,7	0,49
19,4		-2	4				2,6		0,5	0,25				5,8		-0,1	0,01
18,8		-1,4	1,96				2,5		0,8	0,64				7,4		-1,7	2,89
18,8		-1,4	1,96				2,2		-0,6	0,36				5,8		-0,1	0,01
10-20 см																	
17,4		-2,7	7,29				2		0,4	0,16				4,6		-0,8	0,64
11,4		3,3	10,89				2,2		0,2	0,04				3,6		0,2	0,04
14,6		0,1	0,01				3,4		-1	1				4,4		-0,6	0,36
11,8		2,9	8,41				2,6		-0,2	0,04				4,8		-1	1
17	14,7	-2,3	5,29	2,6652	0,843	19,2	5,74	2,4	0	0	0,405	0,128	16,9	5,34	3,8	-0,2	0,04
10,2		4,5	20,25				2,4		0	0				4,6		-0,8	0,64
17		-2,3	5,29				2,6		-0,2	0,04				2,2		1,6	2,56
16,6		-1,9	3,61				2,4		0	0				2,2		1,6	2,56
16,4		-1,7	2,89				2		0,4	0,16				4		-0,2	0,04
14,7		0	0				2,2		0,2	0,04				3,4		0,4	0,16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы																	
0-10 см																	
120		-7,5	56,25				10		0	0				9,5		1,2	1,44
120		-7,5	56,25				9,5		0,5	0,25				12		-1,3	1,69
160		-47,5	2256,25				9,5		0,5	0,25				12		-1,3	1,69
95		17,5	306,25				9,5		0,5	0,25				11,5		-0,8	0,64
130	112,5	-17,5	306,25	21,376	6,764	19	6,012	10,5	-0,5	0,25	0,92	0,291	9,2	2,911	10,7	-0,3	0,09
110		2,5	6,25				10,5		-0,5	0,25				11		1,2	1,44
110		2,5	6,25				10		0	0				9,5		0,7	0,49
95		17,5	306,25				9,5		0,5	0,25				10		1,2	1,44
95		17,5	306,25				8,5		1,5	2,25				9,5		0,2	0,04
90		22,5	506,25				12		-2	4				10,5		-0,8	0,64
														11,5			

Продолжение приложения 4

10-20 см																		
230		-108	11599,3				8		-0,5	0,25			9,5		0,5	0,25		
110		12,3	151,29				7		0,5	0,25			11,5		-1,5	2,25		
140		-17,7	313,29				6,5		1	1			10,5		-0,5	0,25		
80		42,3	1789,29				7		0,5	0,25			11		-1	1		
90	122,3	32,3	1043,29	56,381	17,84	46,1	14,59	7,5	0	0			9,5		0,5	0,25		
95		27,3	745,29				8		-0,5	0,25			9		1	1		
200		-77,7	6037,29				8,5		-1	1			12		-2	4		
78		44,3	1962,49				7,5		0	0			8		2	4		
80		42,3	1789,29				9		-1,5	2,25			8,5		1,5	2,25		
120		2,3	5,29				6		1,5	2,25			11		-1	1		
K <sub>2</sub> O, мг/кг																		
0-10 см																		
290,4		-49,6	2460,16				140,8		17	289			103,3		50,5	2550		
160,3		80,5	6480,25				156,9		0,9	0,81			106		47,8	2285		
219,9		20,9	436,81				154,7		3,1	9,61			122,7		31,1	967,2		
193,4		47,4	2246,76				182,3		-24,5	600,3			126,5		27,3	745,3		
295,1	240,8	-54,3	2948,49	64,342	20,36	26,7	8,45	143,4	14,4	207,4	14,201	4,494	9	2,85	153,8	30,2	912	45,91
175,5		65,3	4264,09				154		3,8	14,44			214,1		-60,3	3636		
200,1		40,7	1656,49				145,4		12,4	153,8			214,6		-60,8	3697		
341,7		-101	10180,8				155,5		2,3	5,29			135,4		18,4	338,6		
317,6		-76,8	5898,24				179,3		-21,5	462,3			207,7		-53,9	2905		
214,6		26,2	686,44				166,3		-8,5	72,25			184,4		-30,6	936,4		
10-20 см																		
119,3		-14,8	217,858				116,6		-27,1	734,4			93,1		3,7	13,69		
97,5		7,04	49,5616				90,2		-0,7	0,49			94,9		1,9	3,61		
114		-9,46	89,4916				95,1		-5,6	31,36			90,8		6	36		
105,3		-0,76	0,5776				99,3		-9,8	96,04			104,8		-8	64		
108,4	104,5	-3,86	14,8996	9,042	2,861	9,2	2,74	70,6	18,9	357,2	12,924	4,308	14,4	4,81	96,8	5,2	27,04	15,6
97,4		7,14	50,9796				85,5		4	16			107,1		-10,3	106,1		
94,3		10,2	104,858				90,1		-0,6	0,36			133,1		-36,3	1318		
112,3		-7,76	60,2176				74,1		15,4	237,2			93,8		3	9		
92,4		12,1	147,38				84		5,5	30,25			81,8		15	225		
104,5		0	0				89,5		0	0			77,1		19,7	388,1		

Приложение 5

Статистические параметры показателей потенциального плодородия почв Красноярской лесостепи, 2012 г.

Объекты исследования																															
залежь										пашня										сенокос											
M	Mcp	$\alpha$	$\alpha^2$	$\delta$	m	C <sub>v</sub> ,%	p	M	Mcp	$\alpha$	$\alpha^2$	$\delta$	m	C <sub>v</sub> ,%	p	M	Mcp	$\alpha$	$\alpha^2$	$\delta$	m	C <sub>v</sub> ,%	p								
Красноярская лесостепь, 2012 г.																															
Гумус, %																															
0-10 см																															
6,8	6,6	-0,2	0,04		5,76	12,8	0,848	4,4	4,3	-0,1	0,01		4,8	2,16	0,207	5,3	6,3	5,3	-1	1		12,5	5,63								
7,1		-0,5	0,25					4,5		-0,2	0,04						5		0,3	0,09											
7,5		-0,9	0,81					4		0,3	0,09						5,7		-0,4	0,16											
6,3		0,3	0,09					4,5		-0,2	0,04						4,7		0,6	0,36											
5,3		1,3	1,69					4,3		0	0						4,9		0,4	0,16	0,665	0,298	12,5	5,63							
10-20 см																															
5,2	5,1	-0,1	0,01		8,26	18,4	0,939	4,6	4,2	-0,4	0,16		6,2	2,76	0,259	4,6	4,5	4,6	0,1	0,01		6,8	3,05								
5,1		0	0					4,2		0	0						5,1		-0,5	0,25											
5,9		-0,8	0,64					3,9		0,3	0,09						4,3		0,3	0,09											
5,9		-0,8	0,64					4,1		0,1	0,01						4,4		0,2	0,04											
3,6		1,5	2,25					4,1		0,1	0,01						4,5		0,1	0,01	0,313	0,14	6,8	3,05							
Нобщ., %																															
0-10 см																															
0,31	0,31	0	0		7,49	16,7	0,051	0,204	0,19	-0	0,0002		4,2	1,86	0,008	0,212	0,287	0,212	-0,05	0,002		13,9	6,24								
0,33		-0,022	0,0005					0,188		0	1E-05						0,22		0,0172	3E-04											
0,36		-0,052	0,0027					0,185		0,01	4E-05						0,255		-0,018	3E-04											
0,32		-0,01	1E-04					0,195		-0	1E-05						0,212		0,0252	6E-04											
0,22		0,084	0,0071					0,186		0,01	3E-05						0,212		0,0252	6E-04	0,033	0,015	13,9	6,24							
10-20 см																															
0,21	0,22	0,0102	0,0001		9,8	21,9	0,049	0,191	0,18	-0	6E-05		4,1	1,84	0,008	0,208	0,197	0,208	0,0148	2E-04		6,5	2,9								
0,21		0,0152	0,0002					0,191		-0	6E-05						0,223		-0,011	1E-04											
0,28		-0,051	0,0026					0,178		0,01	3E-05						0,202		0,0098	1E-04											
0,27		-0,045	0,002					0,18		0	9E-06						0,229		-0,017	3E-04											
0,15		0,0702	0,0049					0,175		0,01	6E-05						0,208		0,21	0,0038	1E-05	0,014	0,006	6,5	2,9						

Продолжение приложения 5

Воднорастворимый гумус, %																							
0-10 см																							
0,12		-0,01	0,0001				0,073		-0	4E-07				0,089		-0,005	3E-05						
0,11		0,005	3E-05				0,075		-0	7E-06				0,08		0,0036	1E-05						
0,11		-0,001	1E-06				0,065		0,01	5E-05				0,085		-0,001	2E-06						
0,1		0,011	0,0001				0,08		-0	6E-05				0,081		0,0026	7E-06						
0,09	0,11	0,02	0,0004	0,011	0,005	10	4,48	0,069	0,07	0	1E-05	0,006	0,003	7,9	3,55	0,083	0,08	0,0006	4E-07	0,004	0,002	4,3	1,92
10-20 см																							
0,08		-0,002	5E-06				0,081		-0	0,0001				0,078		-0,003	9E-06						
0,08		-0,001	1E-06				0,064		0,01	3E-05				0,081		-0,006	4E-05						
0,09		-0,007	5E-05				0,068		0	1E-06				0,065		0,01	1E-04						
0,09		-0,005	3E-05				0,072		-0	9E-06				0,074		0,001	1E-06						
0,07	0,08	0,0158	0,0002	0,009	0,004	11	4,93	0,06	0,07	0,01	8E-05	0,008	0,004	11,7	5,24	0,077	0,08	-0,002	4E-06	0,006	0,003	8,2	3,66
C:N																							
0-10 см																							
12,7		-0,1	0,01				12,5		0,6	0,36				12,7		0,3	0,09						
12,6		0	0				13,9		-0,8	0,64				13,2		-0,2	0,04						
12,2		0,4	0,16				12,5		0,6	0,36				12,9		0,1	0,01						
11,6		1	1				13,4		-0,3	0,09				12,8		0,2	0,04						
13,9	12,6	-1,3	1,69	0,845	0,379	6,7	3,01	13,4	13,1	-0,3	0,09	0,619	0,278	4,7	2,12	13,4	13	-0,4	0,16	0,292	0,131	2,2	1,01
10-20 см																							
14,1		-0,7	0,49				13,9		-0,7	0,49				13,2		-0,7	0,49						
14,1		-0,7	0,49				12,7		0,5	0,25				13,2		-0,7	0,49						
12,4		1	1				12,7		0,5	0,25				12,3		0,2	0,04						
12,7		0,7	0,49				13,2		0	0				11,1		1,4	1,96						
13,5	13,4	-0,1	0,01	0,7861	0,353	5,9	2,63	13,6	13,2	-0,4	0,16	0,536	0,24	4,1	1,82	12,5	12,5	0	0	0,862	0,387	6,9	3,09
pH <sub>H2O</sub>																							
0-10 см																							
5,9		0	0				5,7		0,1	0,01				5,6		-0,1	0,01						
5,8		0,1	0,01				5,6		0,2	0,04				5,7		-0,2	0,04						
5,9		0	0				5,9		-0,1	0,01				5,4		0,1	0,01						
5,8		0,1	0,01				6		-0,2	0,04				5,5		0	0						
5,9	5,9	0	0	0,055	0,025	0,9	0,42	5,7	5,8	0,1	0,01	0,164	0,074	2,8	1,27	5,4	5,5	0,1	0,01	0,13	0,058	2,4	1,06

Продолжение приложения 5

10-20 см																					
5,9	5,8	-0,1	0,01				5,6	5,7	0,1	0,01				5,5	5,5	0	0				
5,7		0,1	0,01						0,2	0,04						-0,1	0,01				
5,7		0,1	0,01						5,8	-0,1	0,01					5,6	0,1	0,01			
5,8		0	0						5,8	-0,1	0,01					5,4	0,1	0,01			
5,8		0	0	0,084	0,038	1,4	0,65	5,6	5,7	0,1	0,01	0,134	0,06	2,4	1,06	5,4	0,1	0,01	0,089		
															5,5	0,089	0,04	1,6	0,73		
pH <sub>KCL</sub>																					
0-10 см																					
5	5	0	0				4,9	5	0,1	0,01				4,8	4,8	-0,1	0,01				
5,1		-0,1	0,01						4,8	0,2	0,04					5	-0,3	0,09			
4,8		0,2	0,04						5	0	0					4,6	0,1	0,01			
5		0	0						5,1	-0,1	0,01					4,6	0,1	0,01			
5,1		-0,1	0,01	0,123	0,055	2,5	1,1	5	5	0	0	0,114	0,051	2,3	1,02	4,7	0	0	0,167		
															4,7	0	0	0,075	3,5	22,4	
10-20 см																					
4,8	4,9	0,1	0,01				4,8	4,9	0,1	0,01				4,8	4,8	-0,1	0,01				
4,9		0	0						4,7	0,2	0,04					4,9	-0,2	0,04			
4,9		0	0						5	-0,1	0,01					4,5	0,2	0,04			
5,1		-0,2	0,04						5	-0,1	0,01					4,6	0,1	0,01			
4,7		0,2	0,04	0,149	0,067	3	1,36	4,8	4,9	0,1	0,01	0,134	0,06	2,7	1,23	4,7	0	0	0,158		
															4,7	0	0	0,071	3,4	1,51	
S, м-моль/100 г почвы																					
0-10 см																					
31,4	31,4	0	0				25,9	26,6	0,7	0,49				26,6	26,6	0,7	0,49				
31,8		-0,4	0,16						26,7	-0,1	0,01					25,2	2,1	4,41			
32,1		-0,7	0,49						25,4	1,2	1,44					27,8	-0,5	0,25			
30		1,4	1,96						27,1	-0,5	0,25					28,8	-1,5	2,25			
31,5		-0,1	0,01	0,808	0,362	2,6	1,15	28	26,6	-1,4	1,96	1,018	0,457	3,8	1,72	28	27,3	-0,7	0,49		
															27,3	-0,7	0,49	1,404	0,63	5,1	2,31
10-20 см																					
28,9	29,2	0,3	0,09				20,8	22,9	2,1	4,41				24,8	24,8	-0,1	0,01				
26,9		2,3	5,29						24,4	-1,5	2,25					25	-0,3	0,09			
30,8		-1,6	2,56						22,6	0,3	0,09					25,6	-0,9	0,81			
29		0,2	0,04						22	0,9	0,81					23,1	1,6	2,56			
30,4		-1,2	1,44	1,535	0,688	5,3	2,36	24,6	22,9	-1,7	2,89	1,616	0,725	7,1	3,16	25,1	24,7	-0,4	0,16		
															25,1	-0,4	0,16	0,952	0,427	3,9	1,73

Продолжение приложения 5

		Нг, м-моль/100 г почвы																					
		0-10 см																					
2,8		0	0					2,5		-0,1	0,01					2,5		0,2	0,04				
2,5		0,3	0,09					2,4		0	0					2,7		0	0				
3		-0,2	0,04					2,3		0,1	0,01					2,8		-0,1	0,01				
2,8		0	0					2,4		0	0					2,6		0,1	0,01				
3	2,8	-0,2	0,04	0,205	0,092	7,3	3,28	2,3	2,4	0,1	0,01	0,084	0,038	3,5	1,56	2,9	2,7	-0,2	0,04	0,158	0,071	5,8	2,63
10-20 см																							
2,6		0,1	0,01					2,2		0,1	0,01					2,4		0,1	0,01				
2,6		0,1	0,01					2,3		0	0					2,6		-0,1	0,01				
2,8		-0,1	0,01					2,2		0,1	0,01					2,7		-0,2	0,04				
2,7		0	0					2,5		-0,2	0,04					2,5		0	0				
2,8	2,7	-0,1	0,01	0,1	0,045	3,7	1,66	2,3	2,3	0	0	0,122	0,055	5,3	2,39	2,4	2,5	0,1	0,01	0,13	0,058	5,2	2,34
V, %																							
0-10 см																							
91,8		-0,1	0,01					91,2		0,6	0,36					91,4		-0,4	0,16				
92,7		-0,98	0,9604					91,8		0	0					90,3		0,7	0,49				
91,4		0,32	0,1024					91,7		0,1	0,01					90,8		0,2	0,04				
91,4		0,32	0,1024					91,9		-0,1	0,01					91,7		-0,7	0,49				
91,3	91,7	0,42	0,1764	0,5805	0,26	0,6	0,28	92,4	91,8	-0,6	0,36	0,43	0,193	0,5	0,21	90,6	91	0,4	0,16	0,577	0,259	0,6	0,28
10-20 см																							
91,7		-0,3	0,09					90,4		0,4	0,16					91,1		-0,4	0,16				
91,2		0,2	0,04					91,4		-0,6	0,36					90,5		0,2	0,04				
91,7		-0,3	0,09					91,2		-0,4	0,16					90,4		0,3	0,09				
91,5		-0,1	0,01					89,8		1	1					90,2		0,5	0,25				
91	91,4	0,4	0,16	0,311	0,139	0,3	0,15	91,4	90,8	-0,6	0,36	0,713	0,32	0,8	0,35	91,3	90,7	-0,6	0,36	0,474	0,213	0,5	0,23
$\Sigma (\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+})$ , мг/кг																							
0-10 см																							
36		-5,6	31,36					65,7		-9,8	96,04					40,2		17,9	320,4				
30,1		0,3	0,09					54,4		1,5	2,25					44		14,1	198,8				
42,6		-12,2	148,84					52,2		3,7	13,69					71,8		-13,7	187,7				
20,7		9,7	94,09					53,1		2,8	7,84					68,1		-10	100				
22,4	30,4	8	64	9,197	4,124	30,3	13,6	53,9	55,9	2	4	5,564	2,495	10	4,46	66,4	58,1	-8,3	68,89	14,79	6,632	25,5	11,4
10-20 см																							
31,7		3,3	10,89					67		-7,6	57,76					48,6		36,7	1347				
37,4		-2,4	5,76					60,6		-1,2	1,44					60,3		25	625				
52,4		-17,4	302,76					57,6		1,8	3,24					116,2		-30,9	954,8				
24,4		10,6	112,36					56,9		2,5	6,25					110,6		-25,3	640,1				
29,3	35	5,7	32,49	10,773	4,767	30,8	13,6	54,9	59,4	4,5	20,25	4,715	2,086	7,9	3,51	90,6	85,3	-5,3	28,09	29,98	13,26	35,1	15,6

Приложение 6

Статистические параметры показателей потенциального плодородия почв Ачинско-Боготольской лесостепи, 2012 г.

Объекты исследования																										
залежь									пашня									сенокос								
M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	C <sub>v</sub> ,%	p	M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	C <sub>v</sub> ,%	p	M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	C <sub>v</sub> ,%	p			
Ачинско-Боготольская лесостепь, 2012 г.																										
Гумус, %																										
0-10 см																										
6,4		1,7	2,89					4,1		-0,4	0,16					5,2		-0,1	0,01							
10,4		-2,3	5,29					3,5		0,2	0,04					5,5		-0,4	0,16							
7		1,1	1,21					3,4		0,3	0,09					5,6		-0,5	0,25							
8,4		-0,3	0,09					3,7		0	0					5,1		0	0							
8,2	8,1	-0,1	0,01	1,54	0,691	19	8,53	3,8	3,7	-0,1	0,01	0,274	0,123	7,4	3,32	4,3	5,1	0,8	0,64	0,513	0,23	10,1	4,51			
10-20 см																										
5,7		0,6	0,36					4		-0,4	0,16					4,4		0,3	0,09							
7,2		-0,9	0,81					3,5		0,1	0,01					4,1		0,6	0,36							
6,1		0,2	0,04					3,5		0,1	0,01					5,1		-0,4	0,16							
6		0,3	0,09					3,8		-0,2	0,04					5,2		-0,5	0,25							
6,3	6,3	0	0	0,568	0,255	9	4,05	3,4	3,6	0,2	0,04	0,251	0,113	7	3,13	4,7	4,7	0	0	0,464	0,208	9,9	4,42			
Нообщ., %																										
0-10 см																										
0,343		0,111	0,012					0,196		-0,024	0,0006					0,237		0,003	9E-06							
0,609		-0,16	0,024					0,16		0,012	0,0001					0,271		-0,031	0,001							
0,387		0,067	0,004					0,141		0,031	0,0009					0,261		-0,021	0,0004							
0,509		-0,06	0,003					0,18		-0,008	7E-05					0,238		0,002	4E-06							
0,422	0,454	0,032	0,001	0,106	0,048	23,3	10,5	0,181	0,172	-0,009	9E-05	0,021	0,009	12,4	5,24	0,193	0,24	0,047	0,0022	0,03	0,013	12,5	5,62			
10-20 см																										
0,3		0,056	0,003					0,181		-0,011	0,0001					0,214		0,0182	0,0003							
0,428		-0,07	0,005					0,163		0,007	5E-05					0,19		0,0422	0,0018							
0,368		-0,01	1E-04					0,174		-0,004	2E-05					0,258		-0,026	0,0007							
0,34		0,016	3E-04					0,182		-0,012	0,0001					0,271		-0,039	0,0015							
0,343	0,356	0,013	2E-04	0,047	0,021	13,2	5,94	0,149	0,17	0,021	0,0004	0,014	0,006	8,2	3,67	0,228	0,2322	0,0042	2E-05	0,033	0,015	14,1	6,33			

Продолжение приложения 6

воднорастворимый гумус, %																				
0-10 см																				
0,105	0,101	-0	2E-05					0,084		-0,004	2E-05				0,078		0,015	0,0002		
0,093		0,008	6E-05							0,075	0,005	2E-05					0,085	0,008	6E-05	
0,092		0,009	8E-05							0,068	0,012	0,0001					0,083	0,01	1E-04	
0,096		0,005	3E-05							0,093	-0,013	0,0002					0,111	-0,018	0,0003	
0,12		-0,02	4E-04	0,012	0,005	11,6	5,19	0,078	0,08	0,002	3E-06	0,009	0,004	11,9	5,32	0,108	0,093	-0,015	0,0002	0,015
																			16,5	
																			7,38	
10-20 см																				
0,09	0,092	0,002	4E-06					0,075		-4E-04	2E-07				0,075		0,0082	7E-05		
0,075		0,017	3E-04							0,081	-0,006	4E-05					0,081	0,0022	5E-06	
0,099		-0,01	5E-05							0,064	0,011	0,0001					0,08	0,0032	1E-05	
0,092		0	0							0,081	-0,006	4E-05					0,093	-0,01	1E-04	
0,102		-0,01	1E-04	0,011	0,005	11,4	5,71	0,072	0,075	0,003	7E-06	0,007	0,003	9,5	4,26	0,087	0,0832	-0,004	1E-05	0,007
																			8,3	
																			3,74	
C:N																				
0-10 см																				
10,8	10,4	-0,4	0,16					12,1		0,5	0,25				12,7		-0,3	0,09		
9,9		0,5	0,25							12,7	-0,1	0,01					11,8	0,6	0,36	
10,5		-0,1	0,01							14	-1,4	1,96					12,4	0	0	
9,6		0,8	0,64							11,9	0,7	0,49					12,4	0	0	
11,3		-0,9	0,81	0,683	0,306	6,6	2,95	12,2	12,6	0,4	0,16	0,847	0,38	6,7	3,01	12,9	12,4	-0,5	0,25	0,416
																			3,4	
																			1,5	
10-20 см																				
11	10,2	-0,8	0,64					12,8		-0,4	0,16				11,9		-0,1	0,01		
9,7		0,5	0,25							12,4	0	0					12,5	-0,7	0,49	
9,6		0,6	0,36							11,6	0,8	0,64					11,4	0,4	0,16	
10,2		0	0							12,1	0,3	0,09					11,1	0,7	0,49	
10,6		-0,4	0,16	0,593	0,266	5,6	2,61	13,2	12,4	-0,8	0,64	0,618	0,277	5	2,24	11,9	11,8	-0,1	0,01	0,537
																			4,6	
																			2,04	
pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>																				
0-10 см																				
5,5	5,5	0	0					5,4		0	0				5		0	0		
5,7		-0,2	0,04							5,6	-0,2	0,04					5,1	-0,1	0,01	
5,2		0,3	0,09							5,5	-0,1	0,01					5	0	0	
5,4		0,1	0,01							5,3	0,1	0,01					5,1	-0,1	0,01	
5,5		0	0	0,182	0,081	3,5	1,48	5,4	5,4	0	0	0,114	0,051	2,1	0,95	5	5	0	0	0,055
																			1,1	
																			0,49	

Продолжение приложения 6

10-20 см																							
5,5		-0,1	0,01				5,2		0	0				5		-0,1	0,01						
5,6		-0,2	0,04				5,4		-0,2	0,04				4,8		0,1	0,01						
5,1		0,3	0,09				5,1		0,1	0,01				4,9		0	0						
5,4		0	0				5,2		0	0				5		-0,1	0,01						
5,2	5,4	0,2	0,04	0,207	0,093	3,8	1,72	5,3	5,2	-0,1	0,01	0,114	0,051	2,2	0,98	4,9	4,9	0	0,084	0,038	1,7	0,77	
pH <sub>KCl</sub>																							
0-10 см																							
4,7		-0,1	0,01				4,5		0,1	0,01				4,3		0	0						
4,9		-0,3	0,09				4,6		0	0				4,4		-0,1	0,01						
4,5		0,1	0,01				4,7		-0,1	0,01				4,3		0	0						
4,1		0,5	0,25				4,6		0	0				4,3		0	0						
4,8	4,6	-0,2	0,04	0,316	0,142	6,9	3,08	4,5	4,6	0,1	0,01	0,084	0,038	1,8	0,82	4	4,3	0,3	0,09	0,152	0,068	3,5	1,58
10-20 см																							
4,8		-0,2	0,04				4,6		-0,1	0,01				4,2		-0,1	0,01						
4,8		-0,2	0,04				4,4		0,1	0,01				4		0,1	0,01						
4,5		0,1	0,01				4,5		0	0				4,1		0	0						
4,6		0	0				4,6		-0,1	0,01				4,2		-0,1	0,01						
4,3	4,6	0,3	0,09	0,212	0,095	4,6	2,07	4,5	4,5	0	0	0,084	0,038	1,9	0,83	4,2	4,1	-0,1	0,01	0,089	0,04	2,2	0,98
S, м-моль/100 г почвы																							
0-10 см																							
31,5		0,7	0,49				25,7		1,2	1,44				34,5		0,5	0,25						
30,4		1,8	3,24				29,1		-2,2	4,84				33,8		1,2	1,44						
31		1,2	1,44				25,9		1	1				35,6		-0,6	0,36						
34,8		-2,6	6,76				26,7		0,2	0,04				34,9		0,1	0,01						
33,5	32,2	-1,3	1,69	1,845	0,827	5,7	2,57	27,1	26,9	-0,2	0,04	1,356	0,608	5	2,26	36,2	35	-1,2	1,44	0,935	0,419	2,7	1,19
10-20 см																							
29,6		1,3	1,69				21,6		1,6	2,56				30,2		1,2	1,44						
32		-1,1	1,21				24		-0,8	0,64				29,8		1,6	2,56						
30,5		0,4	0,16				21,9		1,3	1,69				32,5		-1,1	1,21						
30,9		0	0				23,4		-0,2	0,04				31,8		-0,4	0,16						
31,5	30,9	-0,6	0,36	0,925	0,462	3	1,49	25	23,2	-1,8	3,24	1,429	0,641	6,2	2,76	32,7	31,4	-1,3	1,69	1,329	0,596	4,2	1,89

Продолжение приложения 6

Нг, м-моль/100 г почвы																			
0-10 см																			
4,9		0,2	0,04				4,9		-0,5	0,25				4,7		0,5	0,25		
5,3		-0,2	0,04				4,6		-0,2	0,04				5		0,2	0,04		
4,8		0,3	0,09				3,9		0,5	0,25				5,6		-0,4	0,16		
5,1		0	0				4,6		-0,2	0,04				5,3		-0,1	0,01		
5,4	5,1	-0,3	0,09	0,255	0,114	5	2,24	4	4,4	0,4	0,16	0,43	0,193	9,8	4,38	5,5	5,2	-0,3	0,09
																0,37	0,166	7,1	3,19
10-20 см																			
4,8		0,1	0,01				4,1		-0,3	0,09				5,3		-0,3	0,09		
5		-0,1	0,01				3,2		0,6	0,36				5,2		-0,2	0,04		
4,6		0,3	0,09				3,8		0	0				5,5		-0,5	0,25		
4,9		0	0				4,4		-0,6	0,36				4,7		0,3	0,09		
5,2	4,9	-0,3	0,09	0,224	0,112	4,6	2,28	3,5	3,8	0,3	0,09	0,474	0,213	12,5	5,59	4,3	5	0,7	0,49
																0,489	0,219	9,8	4,39
V, %																			
0-10 см																			
86,5		-0,4	0,16				84		1,9	3,61				88		-1	1		
85,1		1	1				86,3		-0,4	0,16				87,1		-0,1	0,01		
86,6		-0,5	0,25				86,9		-1	1				86,4		0,6	0,36		
86,1		0	0				85,3		0,6	0,36				86,8		0,2	0,04		
86,1	86,1	0	0	0,593	0,266	0,7	0,31	87,1	85,9	-1,2	1,44	1,281	0,575	1,5	0,67	86,8	87	0,2	0,04
																0,602	0,27	0,7	0,31
10-20 см																			
86		0,3	0,09				84		1,8	3,24				85		1,2	1,44		
86,5		-0,2	0,04				88,2		-2,4	5,76				85,1		1,1	1,21		
86,9		-0,6	0,36				85,2		0,6	0,36				85,5		0,7	0,49		
86,3		0	0				84,2		1,6	2,56				87,1		-0,9	0,81		
85,8	86,3	0,5	0,25	0,43	0,193	0,5	0,22	87,7	85,8	-1,9	3,61	1,969	0,883	2,3	1,03	88,3	86,2	-2,1	4,41
																1,446	0,648	1,7	0,75
$\sum (\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+})$ , мг/кг																			
0-10 см																			
150,8		5,9	34,81				130,8		2,2	4,84				70,3		8,8	77,44		
141,6		15,1	228				132,3		0,7	0,49				69,8		9,3	86,49		
89,6		67,1	4502				132,9		0,1	0,01				78,3		0,8	0,64		
264,8		-108	11686				136,9		-3,9	15,21				84,7		-5,6	31,36		
136,6	156,7	20,1	404	64,91	28,72	41,4	18,3	132	133	1	1	2,321	1,027	1,8	0,77	92,3	79,1	-13,2	174,24
																9,62	4,257	12,2	5,38
10-20 см																			
103		10,7	114,5				130,5		15,2	231,04				65,1		3	9		
106,8		6,9	47,61				137,9		7,8	60,84				63,9		4,2	17,64		
92,7		21	441				134		11,7	136,89				68		0,1	0,01		
149,1		-35,4	1253				144,9		0,8	0,64				69,2		-1,1	1,21		
117	113,7	-3,3	10,89	21,61	9,56	19	8,41	181,3	145,7	-35,6	1267,4	20,6	9,113	14,1	6,25	74,2	68,1	-6,1	37,21
																4,033	1,785	5,9	2,62

Приложение 7

Статистические параметры показателей эффективного плодородия почв Красноярской лесостепи, 2012 г.

Объекты исследования																																				
залежь							пашня							сенокос																						
M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p	M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p	M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p													
Красноярская лесостепь, 2012 г.																																				
N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы																																				
0-10 см																																				
8,9	9	0,1	0,01	5,547	2,487	61,6	27,63	13,5	4,2	-1,5	2,25	12	7,8	60,8	4,641	2,081	38,7	17,3	2,1	1,9	-0,2	0,04	0,268	0,12	14,1	6,33										
4		5	25					11,8		0,2	0,04								2,2		-0,3	0,09														
5,4		3,6	12,96					15,9		-3,9	15,2								1,9		0	0														
18,2		-9,2	84,64					14,8		-2,8	7,84								1,9		0	0														
8,3		0,7	0,49					4,2		7,8	60,8								1,5		0,4	0,16														
10-20 см																																				
2,9	5,9	3	9	3,705	1,666	62,8	28,24	11,8	6,2	-2,6	6,76	9,2	3,808	1,708	41,4	18,6	1,38	3,2	1,86	-1,34	1,801	0,771	0,346	41,5	18,61											
7,1		-1,2	1,44					5,6		3,6	13							1,38	0,48	0,228																
11		-5,1	26,01					14,5		-5,3	28,1							1,82	0,04	0,001																
6,8		-0,9	0,81					8,1		1,1	1,21							1,51	0,35	0,121																
1,7		4,2	17,64					6,2		3	9							1,38	0,48	0,228																
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг почвы																																				
0-10 см																																				
8,9	8,4	-0,5	0,25	1,231	0,552	14,7	6,57	10,4	11,4	1	1	9,8	1,583	0,71	13,9	6,23	6,8	7,1	6,1	-1	1	0,879	0,394	14,4	6,44											
9,6		-1,2	1,44					12,3		-0,9	0,81							6,1	0	0																
6,8		1,6	2,56					10,8		0,6	0,36							5,7	0,4	0,16																
9,3		-0,9	0,81					13,7		-2,3	5,29							4,9	1,2	1,44																
7,4		1	1					9,8		1,6	2,56							6,8	6,1	-0,7	0,49															
10-20 см																																				
5,7	6,9	1,2	1,44	1,446	0,648	21	9,39	10,9	10,4	-0,5	0,25	8,7	1,993	0,894	19,2	8,58	7,4	5,1	5,8	0,7	0,49	1,264	0,567	21,7	9,74											
6,6		0,3	0,09					11,5		-1,1	1,21							6,1	-0,3	0,09																
5,4		1,5	2,25					8,1		2,3	5,29							6,4	-0,6	0,36																
8,6		-1,7	2,89					12,9		-2,5	6,25							4,1	1,7	2,89																
8,2		-1,3	1,69					8,7		1,7	2,89							7,4	-1,6	2,56																

Продолжение приложения 7

		Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> , мг/кг почвы																		
		0-10 см																		
157,5		0	0					305		3	9					145		3	9	
175		-17,5	306,25					285		23	529					160		-12	144	
125		32,5	1056,3					315		-7	49					165		-17	289	
130		27,5	756,25					295		13	169					135		13	169	
200	157,5	-42,5	1806,3	31,325	14,05	19,9	8,92	340	308	-32	1024	21,095	9,46	6,9	3,07	135	148	13	169	13,96
																		6,262	9,4	4,23
125		13,1	171,61					270		26	676					220		-87	7569	
145		-6,9	47,61					305		-9	81					100		33	1089	
125		13,1	171,61					345		-49	2401					115		18	324	
110		28,1	789,61					275		21	441					120		13	169	
185,5	138,1	-47,4	2246,8	29,271	13,13	21,2	9,51	285	296	11	121	30,496	13,68	10,3	4,62	110	133	23	529	49,19
																		22,06	37	16,59
		К <sub>2</sub> О, мг/кг почвы																		
		0-10 см																		
181,4		0	0					214,8		-18,1	327					151,4		19,9	395,2	
216		-34,6	1197,2					202,8		-6,08	37					154,9		16,4	268,3	
150,9		30,5	930,25					165,2		31,52	994					218		-46,7	2183	
144,3		37,1	1376,4					186,6		10,12	102					161,6		9,68	93,7	
214,3	181,4	-32,9	1082,4	33,861	15,18	18,7	8,37	214,2	196,7	-17,5	306	21,008	9,421	10,7	4,79	170,5	171	0,78	0,608	27,11
																		12,16	15,8	7,09
		10-20 см																		
132,8		-4,04	16,322					157,8		-5,34	28,5					168,9		-45	2027	
144,8		-16,04	257,28					176,1		-23,6	559					114,9		8,98	80,64	
122,5		6,26	39,188					155,6		-3,14	9,86					107,8		16,1	258,6	
113,5		15,26	232,87					135,9		16,56	274					113		10,9	118,4	
130,2	128,76	-1,44	2,0736	11,702	5,247	9,1	4,08	136,9	152,5	15,56	242	16,685	7,482	10,9	4,91	114,8	124	9,08	82,45	25,33
																		11,36	50,5	9,17

Приложение 8

Статистические параметры показателей эффективного плодородия почв Ачинско-Боготольской лесостепи, 2012 г.

Объекты исследования																								
залежь								пашня								сенокос								
M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p	M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p	M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv, %	p	
Ачинско-Боготольская лесостепь, 2012 г.																								
N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы																								
0-10 см																								
4	4,1	0,1	0,01		1,053	57,3	25,7	17,4		-0,48	0,23		2,132	0,956	12,6	5,65	6,2	2,9	-3,3	10,89	1,936	0,868	66,8	29,94
8,1		-4	16					20,4		-3,48	12,11						0		0					
2		2,1	4,41					15,5		1,42	2,016						1,8		1,1	1,21				
3,3		0,8	0,64					15,1		1,82	3,312						1,6		1,3	1,69				
3,1		1	1	4,1	2,348	1,053	57,3	25,7	16,2	16,9	0,72	0,518	2,132	0,956	12,6	5,65	1,8	2,9	1,1	1,21	1,936	0,868	66,8	29,94
10-20 см																								
3,2	3,3	0,1	0,01		2,877	1,29	87,2	39,1	11,8		4,5	20,25	6,083	2,728	37,3	16,73	2,1	6,1	4	16	3,654	1,639	59,9	26,86
8,3		-5	25						20,9		-4,6	21,16					5,9		0,2	0,04				
1,66		1,64	2,6896						11		5,3	28,09					6,2		-0,1	0,01				
1,69		1,61	2,5921						24,6		-8,3	68,89					4,5		1,6	2,56				
1,62		1,68	2,8224	4,1	2,877	1,29	87,2	39,1	13,2	16,3	3,1	9,61	6,083	2,728	37,3	16,73	12	6,1	-5,9	34,81	3,654	1,639	59,9	26,86
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг почвы																								
0-10 см																								
5	6,2	1,2	1,44		0,914	0,409	14,7	6,61	13,8		-0,9	0,81	1,369	0,614	10,6	4,76	5,2	5,7	0,04	0,0016	1,031	0,462	19,7	8,82
6,6		-0,4	0,16						12,5		0,4	0,16					6,6		-1,36	1,8496				
5,5		0,7	0,49						10,7		2,2	4,84					4,9		0,34	0,1156				
7,2		-1	1						13,4		-0,5	0,25					3,8		1,44	2,0736				
6,7		-0,5	0,25	4,1	0,914	0,409	14,7	6,61	14,1	12,9	-1,2	1,44	1,369	0,614	10,6	4,76	5,7	5,24	-0,46	0,2116	1,031	0,462	19,7	8,82
10-20 см																								
4,8	5,6	0,8	0,64		0,828	0,371	14,8	6,64	13,2		-0,4	0,16	1,773	0,795	13,9	6,21	4,1	4,4	0,3	0,09	0,886	0,397	20,1	9,03
6,1		-0,5	0,25						14,8		-2	4					4,7		-0,3	0,09				
5		0,6	0,36						10		2,8	7,84					3,6		0,8	0,64				
		5,6	31,36						12,5		0,3	0,09					5,8		-1,4	1,96				
6,5		-0,9	0,81	4,1	0,828	0,371	14,8	6,64	13,5	12,8	-0,7	0,49	1,773	0,795	13,9	6,21	3,8	4,4	0,6	0,36	0,886	0,397	20,1	9,03

Продолжение приложения 8

		Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> , мг/кг почвы																		
		0-10 см																		
95		12	144				95		-10	100				185		-28	784			
115		-8	64				75		10	100				155		2	4			
90		17	289				85		0	0				140		17	289			
110		-3	9				90		-5	25				160		-3	9			
125	107	-18	324	14,4	6,4596	13,5	6,04	80	85	5	25	7,906	3,545	9,3	4,1708	145	157	12	144	17,54
																		7,864	11,2	5,01
10-20 см																				
95		-3,7	13,69				75		-2	4				140		9	81			
85		6,3	39,69				65		8	64				155		-6	36			
80		11,3	127,69				75		-2	4				150		-1	1			
91,3		0	0				80		-7	49				175		-26	676			
105	91,3	-13,7	187,69	9,602	4,3058	10,5	4,72	70	73	3	9	5,701	2,556	7,8	3,502	125	149	24	576	18,51
																		8,299	12,4	5,57
К <sub>2</sub> О, мг/кг почвы																				
0-10 см																				
122,3		45,7	2088,5				143,6		-10,92	119,2				138,6		-33,16	1099,6			
207,2		-39,2	1536,6				130,2		2,48	6,15				95,9		9,54	91,012			
131,3		36,7	1346,9				139,1		-6,42	41,22				96,9		8,54	72,932			
126,9		41,1	1689,2				163,3		-30,62	937,6				96,5		8,94	79,924			
252,4	168	-84,4	7123,4	58,7	26,325	34,9	15,7	87,2	133	45,48	2068	28,16	12,63	21,2	9,52	99,3	105,4	6,14	37,7	18,58
																		8,333	17,6	7,9
10-20 см																				
99,3		-4,5	20,25				115,7		-13,36	178,5				79,2		14,66	214,92			
110,1		-15,3	234,09				89,1		13,24	175,3				90,5		3,36	11,29			
100,4		-5,6	31,36				84,4		17,94	321,8				77		16,86	284,26			
94,8		0	0				94,9		7,44	55,35				88,1		5,76	33,178			
69,2	94,8	25,6	655,36	15,34	6,878	16,2	7,26	127,6	102	-25,26	638,1	18,5	8,296	18,1	8,11	134,5	93,86	-40,64	1651,6	23,43
																		10,51	25	11,19

Приложение 9

Статистические параметры показателей потенциального плодородия почв  
Красноярской лесостепи (сред. за 2011-2012 гг.)

Стат. параметры	Объекты исследований					
	залежь		пашня		сенокос	
	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см
	Гумус, %					
Mcp	7,6	4,6	4,2	3,8	5,7	4,3
δ	1,46	0,83	0,22	0,329	0,694	0,636
m	0,48	0,26	0,071	0,104	0,231	0,201
Min-max	6,65-11,5	4,75-7,1	3,8-4,5	3,4-4,2	5-7,1	3-5,05
Cv, %	19,0	39,0	5,9	10,5	11,7	17,2
	Нобщ, %					
Mcp	0,395	0,291	0,201	0,201	0,298	0,194
δ	0,099	0,068	0,025	0,008	0,039	0,039
m	0,033	0,022	0,008	0,002	0,013	0,012
Min-max	0,345- 0,653	0,2355- 0,422	0,139- 0,228	0,195- 0,221	0,243- 0,382	0,135- 0,257
Cv, %	25,0	25,9	12,0	8,2	18,3	24,8
	C:N					
Mcp	11,3	10,9	12,3	10,9	11,1	13,1
δ	1,217	0,986	1,456	0,991	0,814	1,695
m	0,405	0,311	0,460	0,313	0,271	0,536
Min-max	9,8-13,8	9,5-12,35	10,6-15,8	9,7-12,4	9,3-12,05	10,4-14,9
Cv, %	10,7	9,0	11,8	9,0	7,3	12,9
	Водорастворимый гумус, %					
Mcp	0,106	0,080	0,071	0,065	0,086	0,072
δ	0,009	0,003	0,004	0,004	0,004	0,006
m	0,004	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003
Min-max	0,099-0,12	0,0765- 0,085	0,067- 0,077	0,0615- 0,072	0,081-0,09	0,066-0,08
Cv, %	9,1	7,8	7,5	9,8	5,7	12,8
	pH <sub>H2O</sub>					
Mcp	5,9	5,9	5,8	5,7	5,7	5,5
δ	0,098	0,089	0,134	0,096	0,146	0,115
M	0,032	0,028	0,042	0,030	0,046	0,036
Min-max	5,7-6,1	5,8-6,1	5,6-6,0	5,6-5,8	5,6-6,1	5,3-5,7
Cv, %	1,7	1,8	2,9	3,3	3,8	2,4

Продолжение приложения 9

	pH <sub>KCL</sub>					
Mcp	5,0	4,9	4,9	4,7	4,7	4,6
δ	0,200	0,096	0,167	0,208	0,130	0,192
m	0,066	0,030	0,053	0,065	0,041	0,060
Min-max	4,7-5,4	4,8-5,1	4,5-5,1	4,4-4,9	4,4-4,8	4,3-4,8
Cv, %	4,4	2,4	3,3	4,3	2,9	4,2
	S, м-моль/100г почвы					
Mcp	33,5	30,3	25,7	22,8	27,0	23,6
δ	2,411	2,158	1,672	2,499	1,463	1,826
m	0,803	0,682	0,528	0,790	0,462	0,577
Min-max	30,2-38,4	28-34	22,4-27,6	18,4-25,6	24,4-29	20,8-25,9
Cv, %	7,0	7,5	6,4	11,1	6,7	9,2
	НГ, м-моль/100г почвы					
Mcp	2,9	2,8	2,5	2,4	2,7	2,6
δ	0,146	0,133	0,176	0,154	0,131	0,127
M	0,048	0,042	0,055	0,048	0,041	0,040
Min-max	2,6-3,1	2,7-3,0	2,3-2,8	2,3-2,7	2,5-2,9	2,5-2,9
Cv, %	5,0	4,7	7,0	6,4	4,9	4,8
	V, %					
Mcp	92,2	91,6	90,9	90,1	90,8	89,7
δ	0,697	0,588	1,090	1,540	0,719	0,800
m	0,232	0,186	0,344	0,487	0,227	0,253
Min-max	90,7-92,9	90,7-92,7	89-92	87,2-91,6	89,6-91,8	88,2-90,9
Cv, %	0,8	0,6	1,2	1,7	0,8	0,9

Приложение 10

Статистические параметры свойств потенциального плодородия почв  
Ачинско-Боготольской лесостепи (ср. за 2 года)

Статистические параметры	Объекты исследований					
	залежь		пашня		сенокос	
	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см
Гумус, %						
Mcp	8,2	5,8	3,9	3,9	5,5	4,5
δ	1,25	0,69	0,28	0,26	0,52	0,53
m	0,40	0,23	0,09	0,08	0,16	0,17
Min-max	5,3-9,2	4,3-6,5	3,6-4,5	3,5-4,4	4,8-6,3	3,5-5,1
Cv, %	17,3	12,4	7,8	8,6	9,7	12,5
Нобщ, %						
Mcp	0,491	0,351	0,205	0,180	0,272	0,237
δ	0,095	0,053	0,018	0,016	0,029	0,028
m	0,03	0,017	0,006	0,005	0,009	0,008
Min-max	0,299-0,625	0,234-0,404	0,185-0,240	0,157-0,212	0,222-0,309	0,192-0,274
Cv, %	20,7	15,3	14,6	10,2	13,7	14,8
C:N						
Mcp	9,8	9,7	11,0	12,3	11,8	11,0
δ	0,44	0,49	0,75	1,21	0,53	0,64
m	0,14	0,16	0,23	0,38	0,17	0,20
Min-max	8,8-10,3	9,1-10,6	9,4-12,2	10,7-14,6	10,9-12,7	9,7-11,9
Cv, %	4,6	5,1	6,8	9,7	4,6	5,8
Водорастворимый гумус, %						
Mcp	0,109	0,089	0,071	0,068	0,086	0,074
δ	0,0066	0,0067	0,0045	0,0039	0,0063	0,0021
m	0,003	0,003	0,002	0,002	0,003	0,00098
Min-max	0,101-0,118	0,08-0,097	0,068-0,079	0,064-0,075	0,082-0,096	0,076-0,082
Cv, %	10,9	7,1	11,9	9,6	11,5	10,0
pH <sub>H2O</sub>						
Mcp	5,2	5,6	5,4	5,3	4,9	4,7
δ	0,21	0,25	0,11	0,18	0,084	0,103
m	0,06	0,08	0,03	0,05	0,026	0,032
Min-max	5-5,7	5,3-6,1	5,2-5,6	5-5,6	4,8-5,1	4,5-4,9
Cv, %	5,7	5,0	1,9	3,5	2,3	3,1
pH <sub>KCL</sub>						
Mcp	4,4	4,6	4,4	4,3	4,1	3,9
δ	0,14	0,33	0,10	0,11	0,10	0,11
m	0,04	0,11	0,03	0,03	0,03	0,03
Min-max	4,1-4,6	4,1-5,1	4,2-4,5	4,1-4,4	3,9-4,2	3,8-4,2

Продолжение приложения 10

Cv, %	4,9	6,5	3,3	3,4	4,3	5,6
	S, м-моль/100 г почвы					
Mcp	33,2	32,2	28,3	23,3	36,6	31,0
δ	2,13	1,56	3,20	2,81	2,16	2,54
m	0,67	0,52	1,01	0,88	0,68	0,80
Min-max	31,2- 37,6	28,8- 34,4	23,6-32,8	18-26,4	32,4- 39,2	26,4-33,9
Cv, %	6,5	5,3	11,8	13,2	7,0	8,8
	Нг, м-моль/100 г почвы					
Mcp	5,5	5,4	4,0	4,0	5,3	5,3
δ	0,24	0,25	0,17	0,27	0,22	0,31
m	0,07	0,08	0,05	0,08	0,07	0,09
Min-max	5,05-5,8	4,9-5,7	3,8-4,3	3,45-4,3	5-5,8	4,75-5,7
Cv, %	3,4	3,5	4,4	6,8	5,0	4,9
	V, %					
Mcp	85,9	85,8	87,1	85,1	87,3	85,2
δ	1,07	0,48	1,11	1,86	0,50	1,14
m	0,33	0,16	0,35	0,58	0,16	0,36
Min-max	84,3- 87,8	84,9- 86,4	85,4-89,1	81,1-86,8	86,6- 88,5	83-86,7
Cv, %	1,2	0,5	1,7	2,4	0,8	1,3

Приложение 11

Статистические параметры свойств показателей эффективного плодородия лесостепной зоны Красноярского края (сред. 2 года)

Статистические параметры	Объекты исследований					
	залежь		пашня		Сенокос	
	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см	0-10см	10-20см
Красноярская лесостепь						
N-N0 <sub>3</sub> , мг/кг почвы						
Мср	12,1	5,0	5,8	5,0	3,2	1,8
δ	5,35	1,62	3,13	2,17	1,13	0,47
m	1,78	0,51	0,98	0,68	0,39	0,15
Min-max	4,4-19,1	2,2-6,8	2,2-10	2,5-9,1	1,7-5,1	1,4-2,7
Cv, %	58,4	58,2	79,9	63,2	47,9	28,7
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг почвы						
Мср	11,3	10,1	5,4	4,6	5,8	3,4
δ	2,49	2,61	2,64	2,29	0,81	1,19
m	0,83	0,82	0,83	0,72	0,25	0,37
Min-max	8,6-16	7,2-15	2-8,5	1,9-7,9	4,8-7,4	1,9-5,1
Cv, %	24,9	31,0	79,5	86,6	18,5	56,7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы						
Мср	235,1	128,0	223,5	194,2	218,0	109,1
δ	8,45	1,67	3,20	3,85	5,56	1,75
m	2,81	0,52	1,01	1,22	1,75	0,55
Min-max	160-440	100-147,5	170-257,5	135-247,5	135-315	85-147,5
Cv, %	38,2	18,2	27,1	38,4	39,9	30,9
K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы						
Мср	340,8	142,4	182,9	128,7	322,4	116,4
δ	140,81	13,81	16,95	14,25	64,5	12,89
m	46,93	4,36	5,36	4,50	20,39	4,07
Min-max	248,65-631,1	131,6-173,6	156,3-204,1	106,1-152,8	262,7-485	95,4-136,9
Cv, %	43,2	12,1	9,9	14,2	40,6	16,7
Ачинско-Боготольская лесостепь						
N-N0 <sub>3</sub> , мг/кг почвы						
Мср	11,3	7,8	19,8	11,3	3,2	3,3
δ	10,59	13,12	14,34	4,14	1,29	1,59
m	3,35	4,37	4,53	1,31	0,41	0,50
Min-max	2,86-35,5	2,32-39,8	7,8-45,5	5-15,5	1,55-5,0	1,26-6,77
Cv, %	80,5	82,8	92,9	53,8	56,4	85,4
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг почвы						
Мср	13,7	11,6	6,3	5,9	5,5	5,9
δ	2,83	3,72	2,8	2,85	0,94	0,98
m	0,89	1,17	0,89	0,90	0,29	0,31
Min-max	9,6-18,8	6,5-17,4	2,2-9,6	2-8,5	4,3-7,4	2,2-5,3
Cv, %	44,4	42,4	78,7	87,8	18,0	23,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы						

Продолжение приложения 11

Mcp	110,0	110,6	95,1	74,2	123,6	116,6
δ	1,23	4,05	1,04	0,86	1,84	2,12
m	0,39	1,35	0,33	0,27	0,58	0,67
Min-max	90-125	78-195	85-120	60-90	95-140	80-142,5
Cv, %	16,8	39,5	11,7	10,7	22,2	23,8
$K_2O$ , мг/кг почвы						
Mcp	216,6	101,3	149,5	93,8	137,7	95,8
δ	63,63	8,22	18,20	11,72	48,11	17,01
m	20,12	2,74	5,75	3,91	15,21	5,38
Min-max	160,2- 341,7	88,8-112,3	115,3- 179,3	74,1-116,2	100,9- 214,6	77,1-133,1
Cv, %	32,3	11,7	15,1	16,6	32,5	18,5

Приложение 12

Статистические параметры влажности почв (%) Красноярской лесостепи

Стат. параметры	Объекты исследований					
	залежь		пашня		Сенокос	
	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см
	2011					
Mcp	23,6	23,2	20,4	19,9	22,6	22,3
δ	2,042	2,438	1,264	1,113	2,034	2,083
m	0,68	0,81	0,42	0,37	0,68	0,69
Min-max	19,9-25,7	18,8-25,9	18,7-22,3	18-21,1	20,0-25,6	19,3-25,1
Cv, %	8,6	10,5	6,2	5,6	9,0	9,4
	2011 г.					
Mcp	39,2	39,1	34,5	33,5	33,2	33,1
δ	2,693	2,987	1,799	1,549	2,112	2,232
m	0,89	0,99	0,59	0,52	0,70	0,74
Min-max	36,4-44,6	35,8-45	32,3-36,9	32,0-36,0	30,6-36,7	29,6-36,0
Cv, %	6,9	7,6	5,2	4,6	6,4	6,7
	1 срок 2012 г.					
Mcp	18,9	17,1	13,4	14,7	11,1	12,0
δ	2,396	1,426	1,562	0,777	1,207	0,693
m	1,072	0,637	0,698	0,347	0,539	0,310
Min-max	16,03-21,88	15,4-18,9	12,06-15,9	13,73-15,7	10,42-13,3	11,25-13,0
Cv, %	12,7	8,3	11,7	5,3	10,8	5,7
	2 срок 2012 г.					
Mcp	25,9	23,4	22,3	19,9	22,2	21,5
δ	6,384	1,850	0,057	1,212	1,743	2,386
m	3,686	1,068	0,033	0,700	1,006	1,377
Min-max	22	22,2	22,2	18,8	20,2	18,8
Cv, %	24,6	7,9	0,3	6,1	7,8	11,1

Приложение 13

Статистические параметры влажности почв (%) Ачинско-Боготольской лесостепи

Стат. параметры	Объекты исследований					
	залежь		пашня		сенокос	
	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см
2011						
Mcp	27,9	27,3	23,8	23,5	24,1	23,4
δ	2,451	2,064	2,723	1,662	2,690	2,497
m	0,82	0,69	0,91	0,55	0,87	0,83
Min-max	23,9-31,5	23,4-30,0	19,1-27,3	20,2-25,4	19,8-28,1	19,0-26,4
Cv, %	8,8	7,6	11,5	7,1	11,2	10,7
2011						
Mcp	40,9	40,4	35,6	34,8	35,7	35,5
δ	2,719	2,889	2,029	2,197	1,708	1,657
m	0,91	0,96	0,68	0,73	0,57	0,55
Min-max	36,9-45,0	36,1-44,4	32,3-38,5	32,0-38,0	33,9-38,7	33,1-37,9
Cv, %	6,6	7,1	5,7	6,3	4,8	4,7
1 срок 2012 г.						
Mcp	21,9	23,5	11,5	18,6	12,5	15,1
δ	2,879	3,643	2,275	2,382	1,689	1,495
m	1,287	1,629	1,017	1,065	0,755	0,668
Min-max	18,1-24,5	20,9-30,0	8,4-13,9	16,5-22,4	10,2-14,3	13,0-16,4
Cv, %	13,1	23,6	19,7	18,6	13,5	15,1
2 срок 2012 г.						
Mcp	33,2	32,5	28,3	27,4	30,1	28,1
δ	0,793	0,550	0,550	0,808	1,795	2,579
m	0,458	0,318	0,318	0,466	1,036	1,489
Min-max	32,3-33,8	32-33,1	27,7-28,7	26,7-28,3	28,8-32,2	26-31
Cv, %	2,4	1,7	1,9	2,9	6,0	9,2

Приложение 14

Показатели режимов температуры и осадков Красноярской лесостепи по годам

Месяцы	Сред- няя за месяц, °C	Осадки		Средне- многолетние показатели t воздуха, °C	Средне- многолет- ний уровень осадков, мм
		Сумма за месяц, мм	% к норме		
2011 г.					
Май	10,0	47	146,8	9,1	32,0
Июнь	18,9	56,4	128,2	16,3	44,0
Июль	20,1	99,7	144,4	19,4	69,0
Август	14,2	99,8	160,9	14,9	62,0
2012 г.					
Май	9,6	23,8	74,4	9,1	32,0
Июнь	22,3	14,9	33,9	16,3	44,0
Июль	25,1	27,2	39,4	19,4	69,0
Август	18,9	68,2	110,0	14,9	62,0
2013 г.					
Май	8,4	27,8	86,9	9,1	32,0
Июнь	18,9	30,3	68,9	16,3	44,0
Июль	20,0	69,8	101,1	19,4	69,0
Август	14,9	82,3	132,7	14,9	62,0

Приложение 15

Показатели режимов температуры и осадков Ачинско-Боготольской лесостепи по годам

Месяцы	Сред- няя за месяц, °C	Осадки		Средне- многолетние показатели t воздуха, °C	Средне- многолет- ний уровень осадков, мм
		Сумма за месяц, мм	% к норме		
2011 г.					
Май	9,8	48,7	147,5	8,0	33,0
Июнь	18,0	62,8	136,5	15,2	46,0
Июль	19,5	100,1	133,5	18,1	75,0
Август	14,2	116,0	168,1	14,6	69,0
2012 г.					
Май	9,9	29,1	88,2	8,0	33,0
Июнь	21,3	24,8	53,9	15,2	46,0
Июль	24,8	26,9	35,8	18,1	75,0
Август	17,7	89,1	129,1	14,6	69,0
2013 г.					
Май	7,9	30,1	91,2	8,0	33,0
Июнь	16,9	35,4	77,0	15,2	46,0
Июль	18,1	85,9	114,5	18,1	75,0
Август	14,6	95,1	137,8	14,6	69,0

Приложение 16

Статистические параметры продуктивной влаги (мм) в 0-20 см слое  
почв Красноярского края

Стат. параметры	Объекты исследований		
	залежь	пашня	Сенокос
	Красноярская лесостепь		
Мср	28,4	23,8	22,3
Δ	6,095	2,18	3,905
m	3,523	1,26	2,257
Min-max	24,5-35,4	22-26,2	17,8-25,0
Cv, %	21,5	9,2	17,5
Ачинско-Боготольская лесостепь			
Мср	42,6	36,2	36,5
Δ	0,991	1,498	4,335
m	0,573	0,866	2,517
Min-max	41,5-43,5	34,5-37,4	32-40,7
Cv, %	2,3	4,1	11,9

Приложение 17

Статистические параметры структурного состояния почв Красноярской лесостепи, 2012 г.

Объекты исследования																														
залежь								пашня								сенокос														
M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv,%	p	M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv,%	p	M	Mср	α	α <sup>2</sup>	δ	m	Cv,%	p							
Красноярская лесостепь, 2012 г.																														
Частицы более 10 мм, %																														
0-10 см																														
11,8	12,4	0,6	0,36	2,168	0,97	17,6	7,92	22	18,6	-3,4	11,56	5,432	2,44	29,2	13,1	22,2	23,5	1,3	1,69	4,2	1,882	17,9	8,93							
15,2		-2,8	7,84					21,3		-2,7	7,29					29,1		-5,6	31,36											
13,8		-1,4	1,96					9,8		8,8	77,44					18,5		5	25											
9,6		2,8	7,84					16,8		1,8	3,24					26,4		-2,9	8,41											
11,5		0,9	0,81					22,9		-4,3	18,49					21,5		2	4											
10-20 см																														
22,8	21	-1,8	3,24	2,948	1,32	14	6,28	22,2	21,5	-0,7	0,49	2,823	1,27	13,1	5,89	22,9	25,21	2,31	5,336	5,83	2,615	23,1	10,37							
22,5		-1,5	2,25					17,35		4,15	17,223					19,65		5,56	30,91											
15,8		5,2	27,04					20,1		1,4	1,96					22,7		2,51	6,3											
21,9		-0,9	0,81					23,45		-1,95	3,8025					34,85		-9,64	92,93											
22,2		-1,2	1,44					24,4		-2,9	8,41					25,95		-0,74	0,548											
Частицы 10-7 мм, %																														
0-10 см																														
13,1	10,1	-3	9	3,149	1,41	31,2	13,98	8,3	10,7	2,4	5,76	3,168	1,42	29,6	13,28	7,6	12,2	4,6	21,16	3,84	1,722	31,5	14,11							
8,5		1,6	2,56					11,5		-0,8	0,64					17,7		-5,5	30,25											
10		0,1	0,01					7,3		3,4	11,56					9,75		2,45	6,003											
5,8		4,3	18,49					11		-0,3	0,09					12,8		-0,6	0,36											
13,2		-3,1	9,61					15,4		-4,7	22,09					13,3		-1,1	1,21											
10-20 см																														
8,3	10,2	1,9	3,61	2,424	1,09	23,7	10,66	18,7	18	-0,7	0,49	4,357	1,95	24,2	10,85	8	10,3	2,3	5,29	2,68	1,202	26	11,67							
11,2		-1	1					13,9		4,1	16,81					6,9		3,4	11,56											
12,6		-2,4	5,76					13,8		4,2	17,64					11,2		-0,9	0,81											
11,9		-1,7	2,89					24,2		-6,2	38,44					12,1		-1,8	3,24											
7		3,2	10,24					19,6		-1,6	2,56					13,1		-2,8	7,84											

Продолжение приложения 17

Частицы 7-5 мм, %																			
0-10 см																			
12,8		-0,5	0,25				6,3		2,3	5,29				6,2		3,4	11,56		
9,5		2,8	7,84				9,8		-1,2	1,44				11,4		-1,8	3,24		
12,9		-0,6	0,36				8,4		0,2	0,04				10,2		-0,6	0,36		
10,3		2	4				9,5		-0,9	0,81				10,3		-0,7	0,49		
16,1	12,3	-3,8	14,44	2,593	1,16	21,1	9,45	8,8	8,6	-0,2	0,04	1,379	0,62	16	7,193	9,7	9,6	-0,1	0,01
																1,98	0,887	20,6	9,24
10-20 см																			
20,3		-5,7	32,49				9,5		0,7	0,49				6,3		1,4	1,96		
12,1		2,5	6,25				7,8		2,4	5,76				9,5		-1,8	3,24		
14,3		0,3	0,09				7,2		3	9				8,6		-0,9	0,81		
13,8		0,8	0,64				12,2		-2	4				6,3		1,4	1,96		
12,7	14,6	1,9	3,61	3,281	1,47	22,5	10,08	14,4	10,2	-4,2	17,64	3,037	1,36	29,8	13,35	7,7	7,7	0	0
																1,41	0,633	18,3	8,27
Частицы 5-3 мм, %																			
0-10 см																			
23,5		-1	1				7,5		0	0				8,9		5	25		
22,4		0,1	0,01				8,7		-1,2	1,44				13		0,9	0,81		
24,3		-1,8	3,24				7,2		0,3	0,09				16,2		-2,3	5,29		
21,4		1,1	1,21				6,3		1,2	1,44				18		-4,1	16,81		
20,7	22,5	1,8	3,24	1,474	0,66	6,6	2,94	7,9	7,5	-0,4	0,16	0,884	0,4	11,8	5,29	13,3	13,9	0,6	0,36
																3,47	1,558	25	11,21
10-20 см																			
23		-2,5	6,25				10		0,2	0,04				11,3		0,2	0,04		
16,3		4,2	17,64				8,8		1,4	1,96				13,4		-1,9	3,61		
15		5,5	30,25				8,4		1,8	3,24				12,8		-1,3	1,69		
25,9		-5,4	29,16				10,3		-0,1	0,01				10		1,5	2,25		
22,2	20,5	-1,7	2,89	4,642	2,08	22,6	10,15	13,6	10,2	-3,4	11,56	2,05	0,92	20,1	9,012	10,2	11,5	1,3	1,69
																1,52	0,683	13,2	5,94
Частицы 3-2 мм, %																			
0-10 см																			
13,6		0,9	0,81				7,5		-0,1	0,01				11,2		0,7	0,49		
17,1		-2,6	6,76				8,2		-0,8	0,64				9,1		2,8	7,84		
14,4		0,1	0,01				7,8		-0,4	0,16				14		-2,1	4,41		
15,3		-0,8	0,64				6,6		0,8	0,64				12,8		-0,9	0,81		
12,1	14,5	2,4	5,76	1,869	0,84	12,9	5,78	6,9	7,4	0,5	0,25	0,652	0,29	8,8	3,95	12,3	11,9	-0,4	0,16
																1,85	0,83	15,6	6,97

Продолжение приложения 17

10-20 см																			
12,4		1,2	1,44				5,9		1,3	1,69				12,1		-1,6	2,56		
12,2		1,4	1,96				7,5		-0,3	0,09				11,3		-0,8	0,64		
15,4		-1,8	3,24				7,6		-0,4	0,16				11,7		-1,2	1,44		
11,7		1,9	3,61				7,4		-0,2	0,04				8,8		1,7	2,89		
16,3	13,6	-2,7	7,29	2,094	0,94	15,4	6,85	7,7	7,2	0,746	0,33	10,4	4,65	8,8	10,5	1,7	2,89	1,61	0,723
Частицы 2-1 мм, %																			
0-10 см																			
11,9		2,7	7,29				24		-2	4				21,7		-5,6	31,36		
14,5		0,1	0,01				20,8		1,2	1,44				12		4,1	16,81		
12,4		2,2	4,84				24,5		-2,5	6,25				16,9		-0,8	0,64		
20,5		-5,9	34,81				21		1	1				12,2		3,9	15,21		
13,8	14,6	0,8	0,64	3,449	1,55	23,6	10,59	19,7	22	2,3	5,29	2,12	0,95	9,6	4,32	17,7	16,1	-1,6	2,56
10-20 см																			
8,7		3,7	13,69				16,6		0,7	0,49				20,4		-2,7	7,29		
16,4		-4	16				24		-6,7	44,89				20,2		-2,5	6,25		
13,3		-0,9	0,81				22,2		-4,9	24,01				17,9		-0,2	0,04		
9,7		2,7	7,29				12,4		4,9	24,01				13,1		4,6	21,16		
14	12,4	-1,6	2,56	3,176	1,42	25,6	11,49	11,2	17,3	6,1	37,21	5,714	2,56	33	14,81	17	17,7	0,7	0,49
Частицы 1-0,5 мм, %																			
0-10 см																			
3,7		0,5	0,25				8,5		0,5	0,25				7,4		-2,4	5,76		
4,1		0,1	0,01				6,85		2,15	4,6225				3,5		1,5	2,25		
2,9		1,3	1,69				12,2		-3,2	10,24				4,8		0,2	0,04		
5,8		-1,6	2,56				10,3		-1,3	1,69				3,7		1,3	1,69		
4,6	4,2	-0,4	0,16	1,08	0,48	25,7	11,53	7,35	9	1,65	2,7225	2,209	0,99	24,5	11,01	5,5	5	-0,5	0,25
10-20 см																			
2,3		1	1				5,9		0,1	0,01				7		-0,6	0,36		
4,1		-0,8	0,64				8,5		-2,5	6,25				6,4		0	0		
5,2		-1,9	3,61				6,9		-0,9	0,81				6,3		0,1	0,01		
2		1,3	1,69				4,1		1,9	3,61				6,5		-0,1	0,01		
2,9	3,3	0,4	0,16	1,332	0,6	40,4	18,1	4,6	6	1,4	1,96	1,778	0,8	29,6	13,29	5,9	6,4	0,5	0,25

Продолжение приложения 17

Частицы 0,5-0,25 мм, %																			
0-10 см																			
6,6		0,6	0,36				8,9		1,3	1,69				9,7		-4,6	21,16		
5,9		1,3	1,69				7,6		2,6	6,76				3,1		2	4		
7,6		-0,4	0,16				16,8		-6,6	43,56				5,7		-0,6	0,36		
9,4		-2,2	4,84				11,7		-1,5	2,25				2,7		2,4	5,76		
6,3	7,2	0,9	0,81	1,401	0,63	19,5	9,85	6	10,2	4,2	17,64	4,24	1,9	41,6	18,64	4,4	5,1	0,7	0,49
10-20 см																			
1,9		1,5	2,25				8,2		-1,3	1,69				8,5		-1,4	1,96		
4,4		-1	1				8,7		-1,8	3,24				7,4		-0,3	0,09		
6		-2,6	6,76				10,2		-3,3	10,89				6		1,1	1,21		
2,3		1,1	1,21				4,3		2,6	6,76				5,6		1,5	2,25		
2,4	3,4	1	1	1,748	0,78	51,4	25,5	3,1	6,9	3,8	14,44	3,042	1,36	44,1	19,77	8,1	7,1	-1	1
Частицы <0,25 мм, %																			
0-10 см																			
3,1		-0,8	0,64				7,1		-1	1				5,2		-2,4	5,76		
2,9		-0,6	0,36				5,3		0,8	0,64				1,3		1,5	2,25		
1,7		0,6	0,36				6,1		0	0				4		-1,2	1,44		
2		0,3	0,09				6,8		-0,7	0,49				1		1,8	3,24		
1,8	2,3	0,5	0,25	0,652	0,29	28,34	12,71	5,1	6,1	1	1	0,884	0,4	14,5	6,5	2,3	2,8	0,5	0,25
10-20 см																			
0,6		0,4	0,16				3		-0,3	0,09				3,6		-0,1	0,01		
0,8		0,2	0,04				3,7		-1	1				5,2		-1,7	2,89		
2,4		-1,4	1,96				3,7		-1	1				2,8		0,7	0,49		
0,8		0,2	0,04				1,6		1,1	1,21				2,7		0,8	0,64		
0,4	1	0,6	0,36	0,8	0,36	80	35,87	1,3	2,7	1,4	1,96	1,146	0,51	42,4	19,03	3,2	3,5	0,3	0,09

Приложение 18

Статистические параметры структурного состояния почв Ачинско-Боготольской лесостепи

Объекты исследования																														
залежь										пашня										сенокос										
M	Mcp	$\alpha$	$\alpha^2$	$\delta$	m	Cv, %	p	M	Mcp	$\alpha$	$\alpha^2$	$\delta$	m	Cv, %	p	M	Mcp	$\alpha$	$\alpha^2$	$\delta$	m	Cv, %	p							
Ачинско-Боготольская лесостепь, 2012 г.																														
Частицы более 10 мм, %																														
0-10 см																														
13	10,4	-2,6	6,76	6,02	2,701	57,9	25,97	13,1	8,6	-4,5	20,25	4,74	2,125	55,1	24,71	25,2	12,4	-12,8	163,84	7,982	3,58	64,37	28,87							
9,6		0,8	0,64					13		-4,4	19,36					13,7		-1,3	1,69											
11,8		-1,4	1,96					4,2		4,4	19,36					4,6		7,8	60,84											
0,8		9,6	92,16					9,4		-0,8	0,64					7,2		5,2	27,04											
17		-6,6	43,56					3,1		5,5	30,25					11,2		1,2	1,44											
10-20 см																														
17,5	12,8	-4,7	22,09	5,47	2,452	42,7	19,15	28,4	18,5	-9,9	98,01	5,965	2,675	32,2	14,46	17,4	11,2	-6,2	38,44	5,437	2,44	48,55	21,77							
6,9		5,9	34,81					19,5		-1	1					15,7		-4,5	20,25											
16		-3,2	10,24					13,2		5,3	28,09					4,6		6,6	43,56											
16,7		-3,9	15,21					16		2,5	6,25					7,2		4	16											
6,7		6,1	37,21					15,5		3	9					11,2		0	0											
Частицы 10-7 мм, %																														
0-10 см																														
13,4	9,6	-3,8	14,44	5,86	2,627	61	27,36	11,3	9,9	-1,4	1,96	3,399	1,524	34,3	15,4	15,4	12,7	-2,7	7,29	2,469	1,11	19,4	9,78							
7,5		2,1	4,41					6,6		3,3	10,89					9,9		2,8	7,84											
8,5		1,1	1,21					10,2		-0,3	0,09					10,9		1,8	3,24											
1,7		7,9	62,41					6,7		3,2	10,24					12,2		0,5	0,25											
17		-7,4	54,76					14,7		-4,8	23,04					15,1		-2,4	5,76											
10-20 см																														
12,4	8,7	-3,7	13,69	3,18	1,425	36,5	16,38	12	11,8	-0,2	0,04	2,682	1,203	22,7	10,19	12,5	12,1	-0,4	0,16	1,981	0,89	16,4	8,15							
8,5		0,2	0,04					15,8		-4	16					9,9		2,2	4,84											
5,9		2,8	7,84					12,3		-0,5	0,25					10,8		1,3	1,69											
11,4		-2,7	7,29					10,3		1,5	2,25					12,2		-0,1	0,01											
5,3		3,4	11,56					8,6		3,2	10,24					15,1		-3	9											

Продолжение приложения 18

		Частицы 7-5 мм, %																		
		0-10 см																		
16,3		-3,3	10,89				9,7		-2,2	4,84					15,5		-0,2	0,04		
17,2		-4,2	17,64				6,8		0,7	0,49					10,5		4,8	23,04		
8,8		4,2	17,64				9,8		-2,3	5,29					15,4		-0,1	0,01		
3,6		9,4	88,36				6,6		0,9	0,81					15,8		-0,5	0,25		
19	13	-6	36	6,53	2,928	50,2	22,52	4,6	7,5	2,9	8,41	2,227	0,999	29,7	13,32	19,3	15,3	-4	16	3,136
																			1,41	20,5
																			9,19	
		10-20 см																		
15,5		-3,3	10,89				9,6		0,2	0,04					16,5		-1	1		
11,9		0,3	0,09				10,7		-0,9	0,81					10,5		5	25		
11,8		0,4	0,16				9,9		-0,1	0,01					15,5		0	0		
11,7		0,5	0,25				9,7		0,1	0,01					15,7		-0,2	0,04		
10	12,2	2,2	4,84	2,01	0,903	16,5	7,4	9,2	9,8	0,6	0,36	0,554	0,248	5,6	2,54	19,3	15,5	-3,8	14,44	3,181
																			1,43	20,5
																			9,2	
		Частицы 5-3 мм, %																		
		0-10 см																		
21,2		-1,9	3,61				12,9		0,2	0,04					19,1		1,8	3,24		
23,5		-4,2	17,64				13,5		-0,4	0,16					20		0,9	0,81		
15,4		3,9	15,21				17		-3,9	15,21					20,9		0	0		
15,9		3,4	11,56				10,7		2,4	5,76					22,4		-1,5	2,25		
20,4	19,3	-1,1	1,21	3,51	1,573	18,2	8,15	11,5	13,1	1,6	2,56	2,436	1,092	18,6	8,34	22	20,9	-1,1	1,21	1,37
																			0,61	6,6
																			2,94	
		10-20 см																		
19		3	9				12,8		1,2	1,44					19,5		1,2	1,44		
24,8		-2,8	7,84				14,1		-0,1	0,01					19		1,7	2,89		
22,3		-0,3	0,09				15,2		-1,2	1,44					20,9		-0,2	0,04		
23,5		-1,5	2,25				13,8		0,2	0,04					22,3		-1,6	2,56		
20,5	22	1,5	2,25	2,31	1,038	10,5	4,72	14,1	14	-0,1	0,01	0,857	0,429	6,1	3,06	22	20,7	-1,3	1,69	1,467
																			0,66	7,1
																			3,18	
		Частицы 3-2 мм, %																		
		0-10 см																		
14,9		1,9	3,61				12,6		2,3	5,29					10,6		3,5	12,25		
16,9		-0,1	0,01				21,1		-6,2	38,44					14,8		-0,7	0,49		
15,7		1,1	1,21				14,1		0,8	0,64					17,3		-3,2	10,24		
25,8		-9	81				11,7		3,2	10,24					14		0,1	0,01		
10,9	16,8	5,9	34,81	5,49	2,463	32,7	14,66	15,1	14,9	-0,2	0,04	3,696	1,657	24,8	11,12	13,8	14,1	0,3	0,09	2,402
																			1,08	17
																			7,64	

Продолжение приложения 18

10-20 см																				
13,4		5,1	26,01				9,9		2	4				10		4	16			
19,7		-1,2	1,44				12,5		-0,6	0,36				14,8		-0,8	0,64			
20,4		-1,9	3,61				12,6		-0,7	0,49				17,3		-3,3	10,89			
14,9		3,6	12,96				11,3		0,6	0,36				14		0	0			
24,3	18,5	-5,8	33,64	4,41	1,976	23,8	10,68	13,3	11,9	-1,4	1,96	1,339	0,6	11,2	5,04	13,8	14	0,2	0,04	2,625
Частицы 2-1 мм, %																				
0-10 см																				
13,5		5,8	33,64				21,1		5,1	26,01				8,1		6,5	42,25			
14,2		5,1	26,01				27,9		-1,7	2,89				18,2		-3,6	12,96			
22,4		-3,1	9,61				25,8		0,4	0,16				19,6		-5	25			
37,3		-18	324				26,9		-0,7	0,49				15,8		-1,2	1,44			
9	19,3	10,3	106,1	11,2	5,01	57,9	25,96	29,3	26,2	-3,1	9,61	3,129	1,403	11,9	5,26	11,3	14,6	3,3	10,89	4,81
Частицы 10-20 см																				
13,5		3,9	15,21				14,8		5,8	33,64				10,1		4,7	22,09			
19,3		-1,9	3,61				19,1		1,5	2,25				17,2		-2,4	5,76			
16,4		1	1				21,1		-0,5	0,25				19,6		-4,8	23,04			
14		3,4	11,56				21,3		-0,7	0,49				15,8		-1	1			
23,9	17,4	-6,5	42,25	4,29	1,924	24,7	11,06	26,7	20,6	-6,1	37,21	4,297	1,927	20,9	9,35	11,3	14,8	3,5	12,25	4,004
Частицы 1-0,5 мм, %																				
0-10 см																				
2,6		1,1	1,21				5,4		0,2	0,04				2		0,9	0,81			
3,3		0,4	0,16				2,6		3	9				4		-1,1	1,21			
5,1		-1,4	1,96				6,7		-1,1	1,21				2,8		0,1	0,01			
5		-1,3	1,69				7,4		-1,8	3,24				3,3		-0,4	0,16			
2,5	3,7	1,2	1,44	1,27	0,57	34,3	15,4	5,9	5,6	-0,3	0,09	1,843	0,826	32,9	14,75	2,4	2,9	0,5	0,25	0,781
Частицы 10-20 см																				
3,9		-0,5	0,25				4,8		0,7	0,49				5,4		-1,8	3,24			
3,7		-0,3	0,09				3,9		1,6	2,56				4		-0,4	0,16			
3		0,4	0,16				6,4		-0,9	0,81				2,8		0,8	0,64			
2,8		0,6	0,36				6,7		-1,2	1,44				3,4		0,2	0,04			
3,6	3,4	-0,2	0,04	0,47	0,213	14	6,97	5,7	5,5	-0,2	0,04	1,155	0,518	21	9,42	2,4	3,6	1,2	1,44	1,175
Частицы 0-10 см																				

Продолжение приложения 18

Частицы 0,5-0,25 мм, %																				
0-10 см																				
3		1,8	3,24				9,3		0,6	0,36					1,9		2,2	4,84		
4		0,8	0,64				7,2		2,7	7,29					6,4		-2,3	5,29		
7,2		-2,4	5,76				8,5		1,4	1,96					5		-0,9	0,81		
7,4		-2,6	6,76				14,3		-4,4	19,36					5		-0,9	0,81		
2,5	4,8	2,3	5,29	2,33	1,044	48,5	21,75	10,2	9,9	-0,3	0,09	2,695	1,209	27,2	12,21	2,3	4,1	1,8	3,24	1,936
																	0,87	47,2	21,17	
10-20 см																				
2,4		0,4	0,16				6,3		0,1	0,01					5,1		-0,3	0,09		
1,5		1,3	1,69				3,7		2,7	7,29					6,4		-1,6	2,56		
2,8		0	0				7,5		-1,1	1,21					5		-0,2	0,04		
3,2		-0,4	0,16				9,2		-2,8	7,84					5		-0,2	0,04		
4,1	2,8	-1,3	1,69	0,96	0,431	34,3	15,4	5,4	6,4	1	1	2,083	0,934	32,5	14,59	2,3	4,8	2,5	6,25	1,498
																	0,67	31,2	13,99	
Частицы <0,25 мм, %																				
0-10 см																				
2,1		1	1				4,7		-0,4	0,16					2,3		0,8	0,64		
3,9		-0,8	0,64				1,3		3	9					2,6		0,5	0,25		
5		-1,9	3,61				3,8		0,5	0,25					3,5		-0,4	0,16		
2,6		0,5	0,25				6,2		-1,9	3,61					4,5		-1,4	1,96		
1,8	3,1	1,3	1,69	1,34	0,601	43,2	19,39	5,5	4,3	-1,2	1,44	1,901	0,853	44,2	19,83	2,6	3,1	0,5	0,25	0,903
																	0,4	29,1	13,06	
10-20 см																				
2,5		-0,2	0,04				1,5		-0,1	0,01					3,5		-0,2	0,04		
3,8		-1,5	2,25				0,6		0,8	0,64					2,5		0,8	0,64		
1,4		0,9	0,81				1,6		-0,2	0,04					3,5		-0,2	0,04		
1,9		0,4	0,16				1,8		-0,4	0,16					4,5		-1,2	1,44		
1,7	2,3	0,6	0,36	0,95	0,426	41,3	18,53	1,5	1,4	-0,1	0,01	0,464	0,208	33,1	14,85	2,5	3,3	0,8	0,64	0,837
																	0,38	25,4	11,37	

Приложение 19

Статистические параметры физических свойств почв Красноярского края

Статистические параметры	Объекты исследований					
	залежь		пашня		Сенокос	
	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см
	Красноярская лесостепь					
	Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>					
Mcp	1,1	1,2	1,2	1,4	1,2	1,2
δ	0,170	0,046	0,026	0,060	0,010	0,010
m	0,098	0,026	0,015	0,035	0,005	0,005
Min-max	0,93-1,27	1,15-1,23	1,2-1,25	1,34-1,46	1,18-1,20	1,19-1,21
Cv, %	15,3	3,8	2,2	4,3	0,8	0,8
	Общая пористость, %					
Mcp	54,8	50,8	50,4	43,5	51	50,6
δ	6,919	1,962	1,058	2,4	0,4	0,4
m	3,994	1,13	0,611	1,385	0,231	0,2301
Min-max	48,2-62	49,7-53,1	49,6-51,6	41,1-45,9	50,6-51,4	50,2-51
Cv, %	7,3	2,2	1,2	3,2	0,4	0,4
	Ачинско-Боготольская лесостепь					
	Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>					
Mcp	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2
δ	0,025	0,015	0,072	0,026	0,040	0,040
m	0,014	0,008	0,041	0,015	0,023	0,023
Min-max	1,0-1,05	1,0-1,03	1,0-1,13	1,17-1,22	1,16-1,24	1,17-1,25
Cv, %	2,4	1,5	6,7	2,2	3,4	3,3
	Общая пористость, %					
Mcp	58,1	58,5	55,7	51,0	51,3	50,9
δ	1,059	0,655	3,008	1,058	1,616	1,616
m	0,612	0,378	1,737	0,611	0,933	0,933
Min-max	57,1-59,2	57,9-59,2	53,8-59,2	50,2-52,2	49,8-53,0	49,4-52,6
Cv, %	1,0	0,6	3,1	1,2	1,8	1,8

Приложение 20

Статистические параметры запасов фитомассы (т/га) объектов исследования  
Красноярского края

Стат. параметры	Объекты исследований					
	Красноярская лесостепь			Ачинско-Боготольская лесостепь		
	залежь	пашня	сенокос	залежь	пашня	Сенокос
1 срок 2011 г						
Mcp	3,14	1,98	3,02	3,29	2,11	3,36
δ	0,729	0,157	0,489	0,660	0,156	0,288
m	0,23	0,05	0,15	0,21	0,05	0,09
Min-max	2,27-4,20	1,72-2,24	2,35-3,83	2,44-4,41	1,92-2,29	3,04-3,92
Cv, %	23,2	7,9	16,2	20,1	7,4	8,6
2 срок 2011 г						
Mcp	6,18	3,76	4,42	6,55	3,96	3,99
δ	0,217	0,106	0,162	0,287	0,112	0,138
m	0,07	0,03	0,05	0,09	0,04	0,04
Min-max	5,95-6,58	3,64-3,95	4,22-4,67	6,04-7,01	3,82-4,20	3,82-4,23
Cv, %	3,5	2,8	3,7	4,4	2,9	3,5
1 срок 2012 г.						
Mcp	3,07	0,82	1,86	3,27	1,00	1,91
δ	0,606	0,165	0,339	1,264021	0,586	0,441
m	0,271	0,074	0,151	0,565287	0,262	0,197
Min-max	2,59-4,09	0,68-1,07	1,51-2,4	2,53-5,51	0,47-1,85	1,39-2,58
Cv, %	19,8	20,4	18,3	38,7	58,6	23,2
2 срок 2012 г.						
Mcp	2,75	3,79	2,08	3,58	2,30	1,67
δ	0,460	0,769	0,440	0,611	0,512	0,440
m	0,206	0,344	0,197	0,273	0,229	0,197
Min-max	2,32-3,37	2,55-4,61	1,61-2,69	2,99-4,32	1,68-2,75	1,3-2,36
Cv, %	16,7	20,3	21,3	17,1	22,3	26,4
1 срок 2013 г.						
Mcp	2,02	2,32	2,50	4,44	4,02	3,09
δ	0,499	0,478	0,570	0,856	0,912	1,101
m	0,223	0,214	0,255	0,382	0,408	0,492
Min-max	1,34-2,72	1,82-2,94	1,88-3,30	3,44-5,80	2,72-5,25	2,1-4,96
Cv, %	35,3	25,0	22,8	20,4	24,6	38,2

Приложение 21

Корреляционная зависимость (r) запасов надземной фитомассы залежи и свойств почв Красноярской лесостепи, 2011 г.

Фитомасса, т/га	Фито- масса, т/га	Гумус, %		Нобщ, %		Вод. гумус, %		С:Н		рН <sub>20</sub>		рН <sub>KCL</sub>		S, м-моль/100 г		N-NO <sub>3</sub> , мг/кг		N-NH <sub>4</sub> , мг/кг		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Влажность, %		
		0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0-10 см	0,7518	1																							
Гумус, %	10-20 см	0,3733	0,22903	1																						
	0-10 см	0,5352	0,87539	0,152395	1																					
Нобщ, %	10-20 см	0,2475	0,01884	0,956588	-0,018	1																				
Вод. гумус, %	0-10 см	0,4487	-0,0297	-0,03999	-0,2069	0,04579	1																			
	10-20 см	0,4014	-0,0672	0,174224	-0,1007	0,24379	0,3219	1																		
	0-10 см	0,2175	-0,0777	0,11093	-0,549	0,10638	0,3864	0,11567	1																	
C:N	10-20 см	0,2694	0,58939	-0,35054	0,50361	-0,60726	-0,2023	-0,29263	-0,0565	1																
	0-10 см	0,3174	0,43647	0,294421	0,4397	0,26692	-0,1205	0,24812	-0,1226	-0,0443	1															
pH <sub>20</sub>	10-20 см	0,1399	0,09678	0,516394	-0,2726	0,4616	0,1392	-0,21448	0,72275	-0,1046	-0,2036	1														
	0-10 см	0,3896	0,5736	-0,04096	0,43638	-0,15012	0,358	0,0663	0,06723	0,3923	0,33276	0,150953	1													
pH <sub>KCL</sub>	10-20 см	0,1994	0,45553	0,244247	0,23752	0,1264	-0,3463	-0,39106	0,31139	0,2459	0,5313	0,304139	-0,0012	1												
	0-10 см	0,5422	0,64159	-0,22098	0,35426	-0,30848	0,1729	-0,05384	0,3824	0,39702	0,26039	0,167536	0,37222	0,46992	1											
S, м- моль/100	10-20 см	-0,141	-0,193	0,148628	0,18874	0,19057	-0,0072	-0,04895	-0,7182	-0,1697	-0,1615	-0,46467	-0,2414	-0,4314	-0,7355	1										
N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	0-10 см	0,7716	0,66972	-0,02574	0,61146	-0,19871	0,2475	0,37924	-0,1106	0,61514	0,07809	-0,23622	0,42282	-0,0975	0,31508	0,10797	1									
	10-20 см	-0,029	0,29264	-0,15247	0,08758	-0,18037	0,014	-0,29387	0,31672	0,1533	0,55287	0,234149	0,5707	0,59927	0,50316	-0,58508	-0,2217	1								
N- NH <sub>4</sub> , мг/к	0-10 см	0,3398	0,45962	-0,12818	0,52748	-0,0924	-0,0307	0,29072	-0,2734	-0,0418	0,46563	-0,33489	0,24035	0,0329	0,60352	-0,28968	0,21172	0,19749	1							
	10-20 см	-0,065	0,33959	0,209129	0,6693	0,20924	-0,4915	-0,18671	-0,7829	-0,1034	0,36528	-0,3268	0,02896	0,04338	-0,0454	0,34063	-0,0657	-0,01683	0,56976	1						
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0-10 см	0,6789	0,76296	4,25E-05	0,42516	-0,12856	0,2273	-0,13241	0,44331	0,43411	0,21994	0,350543	0,42864	0,57859	0,8897	-0,56717	0,44507	0,47748	0,36337	-0,10833	1					
	10-20 см	0,2041	0,46843	-0,01702	0,19215	-0,16137	-0,406	-0,3647	0,40836	0,44682	0,09338	0,360723	-0,0742	0,79484	0,63603	-0,6005	0,08648	0,37185	0,10282	-0,07918	0,7149	1				
	0-10 см	0,7473	0,81108	0,523278	0,68513	0,42374	0,1316	0,27259	0,01029	0,08731	0,70335	0,183426	0,59227	0,36246	0,50431	-0,23048	0,42657	0,3593	0,58343	0,394138	0,5736	0,175447	1			
K <sub>2</sub> O, мг/кг	10-20 см	-0,1	-0,0005	0,198803	-0,1387	0,12737	-0,0175	-0,14446	0,24576	0,11452	-0,4763	0,587937	0,27368	-0,1683	-0,2689	0,02843	0,06697	-0,04169	-0,494	-0,21919	0,0257	0,075311	-0,1028	1		
Влаж- ность, %	0-10 см	0,6996	0,62607	0,284821	0,53608	0,1489	0,3503	0,39167	-0,0247	0,34483	0,4605	-0,03534	0,70689	0,0609	0,12118	0,13454	0,75189	0,1697	0,06966	-0,03499	0,3507	-0,10397	0,65445	0,188108	1	
	10-20 см	0,6261	0,48036	0,1421	0,40656	0,00949	0,5288	0,22038	-0,0184	0,41455	0,12336	-0,03158	0,62835	-0,1207	0,00828	0,30457	0,75945	-0,00763	-0,1831	-0,21698	0,2702	-0,22653	0,38013	0,260356	0,9031	1

Приложение 22

Корреляционная зависимость (r) запасов надземной фитомассы пашни и свойств почв Красноярской лесостепи, 2011 г.

Фитомасса, т/га	масса, т/га	Гумус, %		Нобщ, %		Вод. гумус, %		С:N		рН <sub>H2O</sub>		рН <sub>KCL</sub>		S, м-моль/100 г		N-NO <sub>3</sub> , мг/кг		N-NH <sub>4</sub> , мг/кг		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Влажность, %				
		0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см			
		1																										
Гумус, %	0-10 см	0,76275	1																									
	10-20 см	0,40203	0,20628	1																								
Нобщ, %	0-10 см	0,64325	0,64528	-0,0174	1																							
	10-20 см	0,55014	0,79788	-0,0927	0,49522	1																						
Вод. гумус, %	0-10 см	0,53465	0,72458	0,48998	0,06476	0,45194	1																					
	10-20 см	0,69507	0,36959	0,41667	0,44796	-0,0456	0,26447	1																				
C:N	0-10 см	0,25235	0,30029	0,20059	-0,2348	0,2956	0,70301	0,17246	1																			
	10-20 см	0,3324	-0,1206	0,8622	-0,133	-0,3597	0,22372	0,53402	0,2249	1																		
pH <sub>H2O</sub>	0-10 см	0,20495	0,44596	-0,6642	0,44109	0,34184	0,07864	0,12521	-0,0235	-0,6843	1																	
	10-20 см	0,34309	0,44571	0,07878	0,38401	0,57581	0,17703	-0,0826	-0,1152	-0,2239	-0,0771	1																
pH <sub>KCL</sub>	0-10 см	0,1279	0,29024	0,12149	0,2469	0,50862	0,05546	-0,1677	-0,1849	-0,1438	-0,2528	0,79118	1															
	10-20 см	0,18741	0,26481	0,0979	0,49092	0,45929	-0,1232	-0,1267	-0,3687	-0,1482	-0,2323	0,8614	0,88644	1														
S, моль/10	0-10 см	0,58383	0,69072	0,35532	0,40107	0,73882	0,5988	0,26701	0,47868	0,15123	-0,0838	0,51917	0,6562	0,50373	1													
	10-20 см	0,56329	0,70331	0,00291	0,61755	0,46496	0,54286	0,17469	0,13787	-0,2278	0,48396	0,47523	0,07546	0,22729	0,30852	1												
N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	0-10 см	0,33054	0,37893	0,22783	0,46373	0,18927	0,13833	-0,0079	-0,5117	-0,084	0,03058	0,67007	0,43235	0,59424	0,08873	0,62745	1											
	10-20 см	0,52131	0,51376	0,21151	0,36965	0,29234	0,5293	0,30415	0,42585	0,07323	0,17656	0,34941	-0,2025	0,03556	0,20027	0,74375	0,29287	1										
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0-10 см	0,58596	0,30411	0,17202	0,36604	0,39778	-0,0279	0,25884	-0,3051	0,10507	-0,086	0,68647	0,6069	0,6211	0,36902	0,17418	0,54874	0,00542	1									
	10-20 см	0,0871	0,2762	-0,082	0,53675	0,05718	-0,2466	0,28691	-0,5465	-0,2184	0,39488	-0,1009	-0,009	0,11816	-0,1159	-0,0234	0,17316	-0,1603	0,00861	1								
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0-10 см	0,73891	0,76109	0,09353	0,39017	0,47357	0,67129	0,55741	0,4458	0,03568	0,60693	-0,1107	-0,2448	-0,3466	0,36701	0,50805	-0,0034	0,37563	0,09678	0,16585	1							
	10-20 см	0,27556	0,28149	0,04018	-0,111	0,52313	0,42873	-0,3854	0,27939	-0,107	-0,0744	0,51885	0,36995	0,25518	0,36563	0,40325	0,34673	0,21305	0,42623	-0,6615	0,14488	1						
K <sub>2</sub> O, мг/кг	0-10 см	0,91137	0,74501	0,31407	0,64793	0,73673	0,39428	0,46209	0,13464	0,20271	0,13592	0,43262	0,36731	0,39072	0,68798	0,39998	0,3053	0,27874	0,68846	0,14584	0,60324	0,36633	1					
	10-20 см	0,30842	0,65234	-0,0738	0,19457	0,48466	0,53738	0,33187	0,51398	-0,2419	0,54776	-0,0899	-0,1411	-0,2743	0,35308	0,19286	-0,3058	0,29126	-0,2308	0,36506	0,68828	-0,193	0,2523	1				
Влажность, %	0-10 см	0,90954	0,71994	0,47811	0,52582	0,45879	0,65138	0,61137	0,41466	0,42382	0,17835	0,05272	-0,1464	-0,0831	0,48848	0,54889	0,16946	0,56968	0,25099	0,03475	0,80267	0,2345	0,79146	0,36284	1			
	10-20 см	0,90351	0,72366	0,51927	0,58568	0,40534	0,53922	0,76847	0,24782	0,45574	0,17903	0,01861	-0,049	-0,0258	0,50498	0,36803	0,14707	0,36342	0,33157	0,31602	0,79164	-0,0173	0,81756	0,44976	0,92395	1		

Приложение 23

Корреляционная зависимость (r) запасов надземной фитомассы сенокоса и свойств почв Красноярской лесостепи, 2011 г.

Фитомасса, т/га	Фито- масса, т/га	Гумус, %		Нобщ, %		Вод. гумус, %		С:N		pH <sub>H2O</sub>		pH <sub>KCL</sub>		S, м-моль/100 г		N-N <sub>03</sub> , мг/кг		N-NH <sub>4</sub> , мг/кг		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Влажность, %			
		0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см		
		1																									
Гумус, %	0-10 см	0,79499	1																								
	10-20 см	0,43751	0,38739	1																							
Нобщ, %	0-10 см	0,66796	0,86176	0,44241	1																						
	10-20 см	0,13918	-0,0739	0,37064	0,15623	1																					
Вод. гумус, %	0-10 см	0,49393	0,44944	-0,2208	0,37859	-0,0785	1																				
	10-20 см	0,51652	0,67131	0,72962	0,72211	0,03849	-0,1778	1																			
C:N	0-10 см	0,12918	-0,0098	0,21703	-0,1442	0,06551	-0,0029	-0,2436	1																		
	10-20 см	-0,2161	-0,1637	-0,1558	-0,1413	-0,468	-0,3273	0,27405	-0,5484	1																	
pH <sub>H2O</sub>	0-10 см	0,4169	0,40039	0,19402	0,40801	-0,2636	0,38031	0,33621	0,18184	0,35845	1																
	10-20 см	0,30265	0,51413	0,40284	0,48778	-0,1825	0,06846	0,71506	-0,3012	0,2424	0,28863	1															
pH <sub>KCL</sub>	0-10 см	0,26669	0,21294	-0,2891	0,13636	-0,6256	0,46224	0,10025	-0,1929	0,52263	0,67333	0,43073	1														
	10-20 см	0,36697	0,6315	0,32875	0,57057	-0,3452	0,16532	0,68925	-0,1503	0,19577	0,41679	0,95358	0,52739	1													
S, моль/10	0-10 см	0,44505	0,52121	0,02742	0,44407	-0,3391	0,82489	0,09421	-0,0124	-0,2637	0,34646	0,43359	0,53338	0,53404	1												
	10-20 см	0,14642	0,11305	0,3361	0,11779	-0,0536	0,23112	0,17855	-0,0702	-0,3008	-0,1801	0,56578	0,12705	0,48521	0,63506	1											
N-N <sub>03</sub> , мг/кг	0-10 см	0,27079	0,76196	0,35156	0,62666	-0,1291	0,16582	0,52136	0,10986	-0,2536	0,17124	0,51764	-0,0836	0,62659	0,36661	0,14507	1										
	10-20 см	-0,019	0,2756	-0,5133	0,15287	-0,1197	0,27765	-0,1842	-0,0721	0,08261	0,2048	-0,2461	0,07024	-0,1161	-0,09	-0,7209	0,32317	1									
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0-10 см	0,51695	0,80766	0,46187	0,6757	0,05009	0,17023	0,54376	0,2891	-0,2067	0,41589	0,2058	-0,1288	0,34275	0,15045	-0,2536	0,81712	0,46152	1								
	10-20 см	0,35052	0,63367	0,20238	0,30547	-0,5414	-0,0536	0,46239	0,26448	0,17385	0,38762	0,30181	0,21591	0,48172	0,10981	-0,2136	0,66148	0,35575	0,72617	1							
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0-10 см	0,62267	0,80349	0,32132	0,46664	-0,1831	0,28543	0,46901	0,21698	-0,0254	0,47343	0,31014	0,16356	0,4254	0,25767	-0,1777	0,69298	0,45323	0,85879	0,83266	1						
	10-20 см	0,63622	0,38114	0,66428	0,36803	0,62423	-0,2003	0,50747	0,22401	-0,3455	-0,1143	0,14731	-0,3869	0,07303	-0,2218	0,07338	0,10779	-0,2956	0,33498	0,09011	0,27458	1					
K <sub>2</sub> O, мг/кг	0-10 см	0,60377	0,56514	0,19451	0,31164	-0,0543	0,40815	0,23232	0,4079	0,00404	0,73394	0,20757	0,38605	0,32125	0,23251	-0,2645	0,3637	0,42103	0,64154	0,5788	0,82087	0,21971	1				
	10-20 см	0,65774	0,52553	0,59631	0,51285	0,00119	0,41827	0,3559	0,48923	-0,2524	0,65103	0,08486	0,17982	0,21156	0,48697	0,1567	0,26869	-0,1745	0,54541	0,32033	0,47221	0,27749	0,53363	1			
Влаж- ность, %	0-10 см	0,77464	0,75888	0,59383	0,43158	-0,0115	0,19311	0,55199	0,3102	-0,1878	0,316	0,34009	0,03008	0,39509	0,26228	0,09942	0,54993	0,03707	0,72767	0,69504	0,8848	0,58272	0,6977	0,59121	1		
	10-20 см	0,78352	0,81528	0,64829	0,57674	0,04605	0,10634	0,73513	0,19667	-0,0464	0,4141	0,50914	0,09776	0,55018	0,19283	0,05323	0,59747	0,05875	0,7652	0,69958	0,87119	0,63733	0,71569	0,5396	0,95084	1	

Приложение 24

Корреляционная зависимость (r) запасов надземной фитомассы залежи и свойств почв Ачинско-Боготольской лесостепи, 2011 г.

Фитомасса, т/га	масса, т/га	Гумус, %		Нобщ, %		Вод. гумус, %		С:N		рН <sub>H2O</sub>		рН <sub>KCL</sub>		S, м-моль/100 г		N-N0 <sub>3</sub> , мг/кг		N-NH <sub>4</sub> , мг/кг		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Влажность, %		
		0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	
		1	1																							
Гумус, %	0-10 см	0,804186	1																							
	10-20 см	0,552252	0,448213	1																						
Нобщ, %	0-10 см	0,757155	0,971368	0,488129	1																					
	10-20 см	0,588907	0,475047	0,982554	0,515865	1																				
Вод. гумус, %	0-10 см	0,855282	0,688392	0,720698	0,692931	0,759821	1																			
	10-20 см	0,762518	0,623182	0,591683	0,554429	0,520087	0,740363	1																		
C:N	0-10 см	0,189953	0,091011	0,71754	0,016518	0,654257	0,227169	0,401665	1																	
	10-20 см	-0,16233	-0,58074	0,126179	-0,58917	0,114329	-0,20428	-0,16036	0,390573	1																
pH <sub>H2O</sub>	0-10 см	0,686353	0,798796	0,209215	0,711141	0,279481	0,435392	0,344561	0,143406	-0,3206	1															
	10-20 см	0,75918	0,54287	0,671053	0,497082	0,660573	0,545238	0,612699	0,584009	0,064924	0,525344	1														
pH <sub>KCL</sub>	0-10 см	0,390503	0,620809	0,04184	0,512741	0,024696	0,037391	0,298412	0,251017	-0,19264	0,812161	0,385978	1													
	10-20 см	0,618712	0,273081	0,367967	0,264639	0,398822	0,300244	0,302346	0,213939	0,334467	0,319931	0,787502	0,189504	1												
S, моль/10	0-10 см	0,379508	0,609961	0,189781	0,516123	0,215457	0,167785	0,292985	0,304606	-0,27761	0,830398	0,404061	0,815865	0,16709	1											
	10-20 см	0,119444	-0,07034	-0,06293	-0,11789	-0,1116	-0,1103	0,026662	0,143603	0,353509	-0,04147	0,214616	0,175697	0,265743	-0,37093	1										
N-N0 <sub>3</sub> , мг/кг	0-10 см	0,771991	0,448122	0,253237	0,446504	0,358165	0,602398	0,267399	-0,15143	0,107471	0,439965	0,496476	0,068934	0,717239	-0,00475	0,284807	1									
	10-20 см	0,758142	0,39555	0,196513	0,381094	0,283898	0,659583	0,370202	-0,22576	0,061131	0,307197	0,379332	-0,06481	0,578006	-0,15161	0,281712	0,954717	1								
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0-10 см	0,251023	0,099329	-0,0853	0,103169	-0,10581	0,391826	0,460867	-0,37737	-0,07777	-0,10058	-0,2854	-0,1822	-0,20336	-0,16717	-0,20817	0,147788	0,374203	1							
	10-20 см	0,145935	0,178413	-0,39562	0,186758	-0,35909	-0,04588	0,023281	-0,60328	-0,03616	0,189534	-0,29236	0,239109	0,117154	0,178162	-0,16905	0,287821	0,307467	0,571557	1						
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0-10 см	0,481781	0,52836	0,63267	0,578396	0,651313	0,405835	0,176817	0,462164	0,050982	0,518484	0,612296	0,434938	0,391005	0,270227	0,377727	0,386454	0,200377	-0,45783	-0,31362	1					
	10-20 см	-0,04659	0,0114	0,027205	0,158609	0,074855	0,019002	-0,31125	-0,38774	0,137228	-0,21852	-0,2854	-0,23029	0,082428	-0,43609	0,225792	0,358117	0,313689	0,071005	0,377584	0,260621	1				
K <sub>2</sub> O, мг/кг	0-10 см	0,605767	0,630327	0,64724	0,677838	0,65124	0,659031	0,588893	0,284281	-0,04518	0,528902	0,399974	0,390771	0,231954	0,555824	-0,35815	0,259096	0,202359	0,350248	0,289744	0,435105	0,064955	1			
	10-20 см	0,316502	0,135677	0,097122	0,172115	0,034004	0,337544	0,413157	-0,04377	0,141614	0,084208	0,036452	0,129967	-0,0655	-0,16311	0,370897	0,17446	0,283646	0,586117	0,181181	0,208844	0,094039	0,38376	1		
Влаж- ность, %	0-10 см	0,794282	0,790088	0,782938	0,754159	0,80991	0,747973	0,673048	0,523664	-0,06547	0,695732	0,700286	0,513186	0,467062	0,646506	-0,15117	0,449734	0,355012	0,035787	0,059953	0,594185	-0,03602	0,82213	0,0682	1	
	10-20 см	0,465957	0,490678	0,748517	0,541868	0,698983	0,570005	0,636874	0,367158	-0,26192	0,019681	0,566331	-0,06776	0,363222	0,110695	-0,23574	0,136737	0,138088	0,018779	-0,19589	0,251168	0,011519	0,439294	-0,15901	0,582597	1

Приложение 25

Корреляционная зависимость (r) запасов надземной фитомассы пашни и свойств почв Ачинско-Боготольской лесостепи, 2011 г.

Фитомасса, т/га	масса, т/га	Гумус, %		Нообщ, %		Вод. гумус, %		С:N		рН <sub>H2O</sub>		рН <sub>KCL</sub>		S, м-моль/100 г		N-NO <sub>3</sub> , мг/кг		N-NH <sub>4</sub> , мг/кг		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Влажность, %				
		0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см			
		1																										
Гумус, %	0-10 см	0,661098	1																									
	10-20 см	0,415288	0,80522	1																								
Нообщ, %	0-10 см	0,23696	0,573659	0,514179	1																							
	10-20 см	0,200707	0,04692	-0,1536	0,345207	1																						
Вод. гумус, %	0-10 см	0,72916	0,566558	0,287274	0,089482	0,032905	1																					
	10-20 см	0,044992	0,123476	0,194984	0,255389	-0,15994	-0,18287	1																				
C:N	0-10 см	0,693589	0,699441	0,502829	-0,02864	-0,41074	0,592702	0,031157	1																			
	10-20 см	0,222135	0,408415	0,145533	0,39013	0,355642	-0,24914	0,061649	0,190256	1																		
pH <sub>H2O</sub>	0-10 см	0,178177	0,559254	0,78359	0,788115	-0,10879	-0,0244	0,282726	0,119517	0,220658	1																	
	10-20 см	-0,24247	0,023795	0,106474	-0,14521	-0,83783	-0,17133	0,075811	0,291299	0,03775	0,254369	1																
pH <sub>KCL</sub>	0-10 см	0,400864	0,757988	0,905668	0,370395	-0,14929	0,243069	0,327358	0,482735	0,106313	0,654501	0,071135	1															
	10-20 см	-0,12132	0,390487	0,613053	0,012719	-0,50715	-0,16155	-0,11527	0,340112	0,192044	0,488839	0,626609	0,620579	1														
S, моль/10	0-10 см	0,376246	0,872671	0,733357	0,734866	0,10574	0,257313	0,039803	0,480561	0,495252	0,642881	-0,01226	0,64845	0,406953	1													
	10-20 см	0,16102	0,726987	0,661266	0,429941	-0,13035	0,132461	-0,22903	0,513337	0,42098	0,496215	0,211018	0,582998	0,671371	0,892367	1												
N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	0-10 см	0,836527	0,49229	0,241332	0,099749	0,261621	0,530401	0,055855	0,453287	0,262065	0,114874	-0,14981	0,397405	-0,00785	0,170845	0,004205	1											
	10-20 см	0,460758	-0,00434	-0,09954	0,03303	0,621333	0,154273	0,048102	0,030555	0,160251	-0,28627	-0,79878	-0,16767	-0,65245	-0,04191	-0,26525	0,205841	1										
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0-10 см	0,536036	0,234496	0,194143	0,125964	-0,31465	0,052269	0,286084	0,584637	0,341837	0,255107	0,297894	0,096851	0,011205	0,177384	0,087983	0,314873	0,248816	1									
	10-20 см	-0,04901	0,079051	0,089442	0,255627	0,042985	-0,11571	0,863776	-0,08865	0,080498	0,10382	-0,11042	0,094382	-0,3116	-0,00285	-0,29111	-0,16227	0,230893	0,081795	1								
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0-10 см	0,716865	0,819609	0,522538	0,261201	0,236154	0,498331	0,146057	0,603053	0,485148	0,227465	-0,10848	0,666036	0,27137	0,569127	0,434032	0,798638	0,094261	0,143332	0,032576	1							
	10-20 см	0,142134	-0,44905	-0,24799	-0,13043	0,029387	0,075485	-0,17699	-0,16829	-0,51852	-0,11911	-0,31793	-0,34596	-0,50872	-0,39138	-0,44442	-0,04546	0,436773	0,28449	-0,24045	-0,52551	1						
K <sub>2</sub> O, мг/кг	0-10 см	0,735524	0,397418	0,041006	-0,01266	0,243089	0,505182	-0,02253	0,441645	0,417828	-0,07753	-0,00214	0,079126	-0,09093	0,026214	-0,10708	0,849092	0,211024	0,330519	-0,04235	0,691922	-0,20656	1					
	10-20 см	0,081264	0,554007	0,246577	0,125244	-0,05886	0,371892	-0,22409	0,498364	0,252172	-0,08782	0,044498	0,161405	0,219148	0,602026	0,68367	-0,17615	-0,07303	-0,14407	0,000425	0,328499	-0,53776	-0,02512	1				
Влажность, %	0-10 см	0,577854	0,569899	0,286986	0,170572	0,066203	0,336931	-0,48348	0,646527	0,614393	0,150678	0,149025	0,154162	0,314336	0,541014	0,617053	0,446131	0,095036	0,467232	-0,50868	0,513284	-0,15851	0,535248	0,426678	1			
	10-20 см	0,329784	-0,17285	0,092305	0,015181	-0,06406	-0,1529	0,363896	0,076579	-0,0827	0,181587	-0,15095	0,04858	-0,25541	-0,19357	-0,34026	0,172342	0,510886	0,692715	0,16967	-0,17925	0,700178	0,004388	-0,63277	-0,08337	1		

## Приложение 26

### Корреляционная зависимость (r) запасов надземной фитомассы сенокоса и свойств почв Ачинско-Боготольской лесостепи, 2011 г.

Фитомасса, т/га	масса, т/га	Гумус, %		Нобщ %		Вод. гумус, %		С:N		рН <sub>H2O</sub>		рН <sub>KCL</sub>		S, м-моль/100 г		N-N0 <sub>3</sub> , мг/кг		N-NH <sub>4</sub> , мг/кг		P <sub>2</sub> 0 <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> 0, мг/кг		Влажность, %			
		0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см		
		1																									
Гумус, %	0-10 см	0,795961	1																								
	10-20 см	0,260202	0,564803	1																							
Нобщ, %	0-10 см	0,519472	0,718524	0,552134	1																						
	10-20 см	0,125539	0,431557	0,594524	0,444043	1																					
Вод. гумус, %	0-10 см	0,628294	0,518409	0,238647	0,403635	0,352133	1																				
	10-20 см	0,03942	0,110823	0,411152	0,207372	0,440911	0,570162	1																			
C:N	0-10 см	0,434074	0,18364	0,017331	-0,26976	0,09049	0,301929	0,060232	1																		
	10-20 см	-0,18629	-0,23173	0,145565	-0,08108	-0,37867	-0,197	-0,23813	0,158673	1																	
pH <sub>H2O</sub>	0-10 см	0,439905	0,287546	-0,30958	0,239527	0,201538	0,598898	0,357537	0,049488	-0,70551	1																
	10-20 см	0,124133	0,425406	0,769049	0,497457	0,391521	0,27511	0,625833	-0,35657	-0,13695	0,041952	1															
pH <sub>KCL</sub>	0-10 см	0,473276	0,478511	0,17794	0,743808	0,395617	0,663397	0,347222	0,098443	0,00991	0,516441	0,131956	1														
	10-20 см	0,13727	-0,12572	0,201646	0,330313	0,062877	0,173307	-0,03423	-0,19493	0,275315	-0,16399	0,019262	0,25073	1													
S, моль/10	0-10 см	0,192939	0,603439	0,543737	0,76101	0,249608	0,043091	0,239731	-0,43649	-0,07833	0,072425	0,702646	0,373629	-0,18197	1												
	10-20 см	0,092591	0,401467	0,447356	0,205689	0,499158	0,389813	0,132514	-0,25149	-0,27364	0,034177	0,450514	-0,02721	0,059214	0,13222	1											
N-N0 <sub>3</sub> , мг/кг	0-10 см	0,319997	0,516708	0,400956	0,543525	0,709206	0,385064	0,454718	-0,08549	-0,53413	0,597904	0,57808	0,491356	-0,09482	0,51267	0,305371	1										
	10-20 см	0,43703	0,197447	0,487587	0,148532	0,402931	0,402619	0,286127	0,536614	0,0844	-0,11643	0,063072	0,16129	0,562454	-0,29977	0,082312	0,023871	1									
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0-10 см	0,818402	0,81995	0,326769	0,647971	0,09486	0,470313	0,22584	0,253827	-0,15242	0,43851	0,357083	0,554202	-0,18381	0,617875	-0,10888	0,449542	0,092461	1								
	10-20 см	0,418515	0,387569	-0,04804	0,471335	-0,14833	-0,02385	-0,63316	-0,17701	0,073439	-0,09685	-0,30462	0,207653	0,371045	0,14286	0,074502	-0,24731	0,042923	0,227362	1							
P <sub>2</sub> 0 <sub>5</sub> , мг/кг	0-10 см	0,770266	0,623696	0,134304	0,060651	-0,17268	0,218218	-0,33463	0,447506	-0,09076	0,071355	-0,02775	-0,13107	-0,15572	0,001567	0,167143	-0,03101	0,223514	0,546853	0,391654	1						
	10-20 см	0,516638	0,539945	0,399813	0,022361	0,129011	0,553396	0,483271	0,463649	-0,20882	0,166298	0,38729	-0,02927	-0,34937	0,110305	0,310873	0,087643	0,344928	0,498998	-0,20055	0,572899	1					
K <sub>2</sub> 0, мг/кг	0-10 см	0,568136	0,148877	-0,33036	0,271601	-0,36221	0,234435	-0,09112	0,325157	0,089958	0,38991	-0,35594	0,506805	0,205235	-0,01213	-0,684	-0,06926	0,148573	0,565682	0,354055	0,242611	-0,04815	1				
	10-20 см	0,647798	0,748993	0,475713	0,56863	0,606054	0,410435	0,271827	0,45632	-0,30887	0,263532	0,154832	0,493197	-0,07839	0,34316	0,04192	0,421744	0,510296	0,664105	0,238959	0,350888	0,467852	0,290855	1			
Влажн- ность, %	0-10 см	0,860818	0,9074	0,343608	0,54273	0,147052	0,480709	0,041079	0,381414	-0,11439	0,356782	0,264314	0,454996	-0,26478	0,497889	0,099647	0,417613	0,099558	0,927055	0,286833	0,733591	0,555068	0,401642	0,649658	1		
	10-20 см	0,673618	0,741157	0,601954	0,374958	0,053046	0,133682	-0,14106	0,40043	0,257791	-0,24331	0,301277	0,070266	-0,07663	0,3975	0,094492	0,104128	0,317108	0,672119	0,303649	0,776472	0,512913	0,167925	0,513632	0,791859	1	

## Приложение 27

### Корреляционная зависимость (r) запасов надземной фитомассы залежи и свойств почв Красноярской лесостепи, 2012 г.

Фитомасса, т/га	масса, т/га	Гумус, %		Нобщ, %		Вод. гумус, %		СН		рН <sub>120</sub>		рН <sub>KCL</sub>		S, м-моль/100 г		N-N <sub>03</sub> , мг/кг		N-NH <sub>4</sub> , мг/кг		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Влажность, %		Плотность, г/см <sup>3</sup>		АЦФ, %		Пористость, %						
		0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см									
		1																																		
Гумус, %	0-10 см	0,79967	1																																	
	10-20 см	0,469358	0,770862	1																																
Нобщ,	0-10 см	0,689043	0,958193	0,918692	1																															
	10-20 см	0,513813	0,694146	0,969072	0,85711	1																														
Вод.	0-10 см	0,849158	0,993334	0,783858	0,95803	0,733563	1																													
гумус, %	0-10 см	0,514883	0,846321	0,984073	0,956496	0,918035	0,845964	1																												
	10-20 см	0,329637	0,516199	-0,0618	0,304128	-0,2178	0,443719	0,08679	1																											
C.N	0-10 см	0,146184	-0,10129	-0,54893	-0,28266	-0,48613	-0,10083	-0,53322	0,499746	1																										
	10-20 см	0-10 см	0,337921	0,267936	0,465728	0,39355	0,624114	0,332523	0,343941	-0,25575	0,225439	1																								
pH <sub>120</sub>	0-10 см	0,274753	0,187622	-0,21467	0,051741	-0,17479	0,180863	-0,20132	0,587269	0,926003	0,444103	1																								
	10-20 см	0-10 см	0,286744	-0,09704	-0,1955	-0,12845	0,004113	-0,02631	-0,29005	-0,09676	0,72704	0,738281	0,716115	1																						
pH <sub>KCL</sub>	0-10 см	0-10 см	0,11106	0,49705	0,519915	0,560422	0,332635	0,410241	0,582557	0,489073	-0,19774	0,008924	0,097384	-0,4533	1																					
S, м-	0-10 см	0,686169	0,408857	-0,23112	0,138709	-0,25099	0,412293	-0,11295	0,687822	0,547808	-0,21335	0,466703	0,202082	-0,23817	1																					
моль/10	0-10 см	0,322964	-0,23427	-0,12309	-0,22489	0,08568	-0,12598	-0,2119	-0,63132	-0,03523	0,243541	-0,21432	0,452249	-0,91046	0,120959	1																				
N-N <sub>03</sub> , мг/кг	0-10 см	0,839657	0,415952	0,265412	0,346694	0,391611	0,504875	0,259012	-0,14004	-0,03176	0,251238	-0,05692	0,312777	-0,57113	0,524579	0,766491	1																			
	10-20 см	0,082312	0,430981	0,77762	0,635487	0,791983	0,435687	0,697342	-0,14708	-0,22332	0,75021	0,122965	0,146113	0,593706	-0,53744	-0,28618	-0,15903	1																		
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0-10 см	0,551621	0,646922	0,583602	0,683791	0,639306	0,670155	0,546143	0,257559	0,335879	0,852155	0,641305	0,563854	0,360839	0,10054	-0,12838	0,199184	0,751537	1																	
	10-20 см	0,499873	-0,11303	-0,29077	-0,22376	-0,1143	-0,02006	-0,32133	-0,26027	0,25737	0,104242	0,045501	0,508304	-0,91525	0,513596	0,908252	0,827663	-0,51198	-0,10256	1																
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0-10 см	0,507016	-0,08385	0,045692	0,004708	0,277796	0,104299	-0,05879	-0,47044	0,212377	0,614624	0,155389	0,749361	-0,74376	0,175991	0,893963	0,776105	0,021699	0,314467	0,83578	1															
	10-20 см	0,741041	0,236106	0,140946	0,187724	0,324423	0,340292	0,092124	-0,26704	0,132374	0,429257	0,082972	0,561767	-0,6971	0,432097	0,865654	0,952389	-0,11174	0,269009	0,895313	0,928231	1														
K <sub>2</sub> O, мг/кг	0-10 см	0,681736	0,840744	0,630799	0,818768	0,620865	0,842831	0,651807	0,504063	0,291295	0,638251	0,607787	0,352657	0,486025	0,307593	-0,26788	0,23929	0,634633	0,94193	-0,15122	0,139236	0,213807	1													
	10-20 см	0,727656	0,759641	0,888565	0,847327	0,922426	0,811814	0,872431	-0,1535	-0,48919	0,437904	-0,25574	-0,04706	0,113293	0,04105	0,284037	0,67345	0,499818	0,487494	0,169063	0,389935	0,548686	0,543477	1												
Влаж-	0-10 см	0,797539	0,512552	-0,02809	0,307518	0,026215	0,541999	0,027481	0,587146	0,707587	0,300096	0,74205	0,590298	-0,18804	0,863552	0,178179	0,567596	-0,13543	0,5466	0,503838	0,438067	0,578702	0,636539	0,195165	1											
ность, %	0-10 см	0,106276	-0,27167	-0,66073	-0,44414	-0,55191	-0,24961	-0,66929	0,298295	0,96486	0,207741	0,815305	0,787352	-0,44114	0,514474	0,196396	0,0748	-0,34932	0,196716	0,450302	0,376014	0,269969	0,108216	-0,515	0,653374	1										
	10-20 см	0-10 см	0,777066	0,435985	0,086801	0,314708	0,217564	0,497227	0,074788	0,284952	0,658428	0,613315	0,725545	0,804853	-0,29473	0,630972	0,37407	0,634977	0,091729	0,697218	0,574893	0,691543	0,727413	0,669187	0,314649	0,923993	0,646418	1								
Плот-	0-10 см	0,584814	0,666028	0,48187	0,651327	0,518739	0,67906	0,470493	0,41903	0,463993	0,764939	0,747693	0,570544	0,36725	0,2525	-0,19124	0,184668	0,639409	0,982143	-0,087	0,256972	0,242788	0,9622	0,397002	0,659003	0,307854	0,749854	1								
	10-20 см	0,625271	0,156174	0,145609	0,154978	0,364066	0,263284	0,053672	-0,327	0,284971	0,69902	0,286601	0,791872	-0,62283	0,256686	0,798803	0,791031	0,121812	0,480574	0,77964	0,98023	0,930873	0,329646	0,462744	0,565282	0,404507	0,804934	0,43568	1							
АЦФ, %	0-10 см	-0,41243	-0,20512	0,42372	0,076477	0,500567	-0,18025	0,278264	-0,70075	-0,43426	0,559265	-0,2756	0,079385	0,200365	-0,92586	0,0185	-0,29911	0,749079	0,236973	-0,37662	-0,16777	-0,01109	0,196561	-0,62241	-0,40947	-0,30404	0,0687	0,065839	1							
	10-20 см	0-10 см	0,683678	0,359913	0,26052	0,345983	0,440764	0,443516	0,186728	-0,05182	0,458012	0,839597	0,568137	0,859265	-0,31992	0,305222	0,50334	0,636401	0,339747	0,76618	0,543486	0,832498	0,777485	0,638585	0,456679	0,709126	0,481695	0,92311	0,746511	0,921568	0,065707	1				
Порист-	0-10 см	0,676979	0,216746	0,211207	0,217291	0,420467	0,324928	0,127033	-0,3348	0,195601	0,65962	0,203863	0,715348	-0,61544	0,272154	0,817915	0,850605	0,113455	0,454679	0,792778	0,974315	0,95954	0,327967	0,545475	0,55146	0,316245	0,779647	0,404806	0,992952	0,046172	0,896616	1				

## Приложение 28

### Корреляционная зависимость (r) запасов надземной фитомассы пашни и свойств почв Красноярской лесостепи, 2012 г.

	масса, т/га	Гумус, %		Нобщ, %		Вод. гумус, %		С:N		pH <sub>H2O</sub>		pH <sub>KCl</sub>		S, м-моль/100 г		N-NO <sub>3</sub> , мг/кг		N-NH <sub>4</sub> , мг/кг		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Влажность, %		Плотность, г/см <sup>3</sup>		AIФ, %		Пористость, %			
		0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см						
Фитомасса, т/га	1																																
Гумус, %	0-10 см	0,76696	1																														
	10-20 см	0,34081	0,39124	1																													
Нобщ	0-10 см	0,60177	0,54248	0,954165	1																												
	10-20 см	0,80262	0,57741	0,745258	0,89878	1																											
Вод. гумус, %	0-10 см	0,7357	0,76204	-0,1619	0,06474	0,214872	1																										
	10-20 см	0,50772	0,29907	0,587005	0,64698	0,478539	0,29779	1																									
C:N	0-10 см	0,27371	0,47143	-0,46195	-0,3158	-0,02687	0,52337	-0,62131	1																								
	10-20 см	-0,059	0,41858	0,526435	0,3836	-0,00621	0,11896	0,451478	-0,3046	1																							
pH <sub>H2O</sub>	0-10 см	0,63689	0,62028	-0,33128	-0,0862	0,262382	0,74862	-0,27653	0,90063	-0,36814	1																						
	10-20 см	0,65942	0,68906	-0,35487	-0,1155	0,135781	0,9445	-0,01266	0,75862	-0,11431	0,91018	1																					
pH <sub>KCl</sub>	0-10 см	0,60197	0,75483	-0,17277	0,0281	0,297482	0,7223	-0,29122	0,92135	-0,14609	0,95871	0,86723	1																				
	10-20 см	0,54413	0,68676	-0,39645	-0,1922	0,027862	0,90687	-0,12988	0,82232	-0,043	0,89791	0,98323	0,88976	1																			
S, моль/10	0-10 см	0,93964	0,65825	0,077773	0,36843	0,692408	0,71844	0,219243	0,50221	-0,34919	0,81679	0,75169	0,7356	0,645763	1																		
	10-20 см	0,70165	0,88322	0,662149	0,76914	0,798474	0,40622	0,222564	0,34093	0,326858	0,45629	0,36627	0,6226	0,357647	0,59424	1																	
N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	0-10 см	0,87349	0,36676	0,117362	0,39117	0,660684	0,5673	0,516428	0,07241	-0,39453	0,49143	0,50795	0,3276	0,344274	0,87305	0,304078	1																
	10-20 см	0,89113	0,80473	0,515851	0,72015	0,903914	0,50228	0,260558	0,38208	-0,02867	0,62146	0,4958	0,67523	0,425092	0,8539	0,908393	0,64497	1															
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0-10 см	0,54037	0,40372	0,530906	0,60156	0,43079	0,42749	0,985479	-0,5181	0,521877	-0,1842	0,11607	-0,1837	0,013232	0,25128	0,261929	0,49924	0,27582	1														
	10-20 см	0,8469	0,84447	0,519509	0,68174	0,650842	0,74382	0,75305	0,01946	0,460807	0,3356	0,53259	0,39269	0,456055	0,63414	0,694815	0,60798	0,70212	0,81951	1													
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0-10 см	0,8763	0,59437	0,013735	0,2994	0,662194	0,63941	0,066148	0,58215	-0,46013	0,85363	0,72573	0,7685	0,630415	0,98572	0,570497	0,82192	0,83991	0,08985	0,50663	1												
	10-20 см	0,28543	0,38743	-0,18686	-0,0598	0,250843	0,219	-0,66093	0,88486	-0,43765	0,78731	0,48528	0,82489	0,528788	0,51844	0,48492	0,09767	0,54419	-0,6241	-0,08062	0,63538	1											
K <sub>2</sub> O, мг/кг	0-10 см	0,82793	0,92028	0,062158	0,28664	0,44551	0,93746	0,232625	0,6141	0,153895	0,81554	0,90947	0,85258	0,882652	0,8048	0,687376	0,54821	0,7382	0,35143	0,79516	0,74758	0,43175	1										
	10-20 см	0,34882	-0,0449	-0,69313	-0,4696	-0,15329	0,56845	0,006319	0,33527	-0,60848	0,54939	0,638	0,3069	0,550644	0,52107	-0,34455	0,62051	0,00086	0,04506	0,08047	0,5136	0,09394	0,34505	1									
Влажн-сть, %	0-10 см	0,84353	0,67171	0,29725	0,52992	0,822209	0,46535	0,048828	0,52683	-0,30642	0,74375	0,54486	0,74286	0,471342	0,90661	0,783894	0,67944	0,9557	0,0543	0,51463	0,93217	0,70296	0,68607	0,17036	1								
	10-20 см	0,29507	0,67863	0,212694	0,25925	0,353382	0,25189	-0,41642	0,72986	0,134341	0,59452	0,39385	0,77948	0,477897	0,35899	0,779829	-0,1191	0,62594	-0,3481	0,20311	0,42105	0,8261	0,53434	-0,33888	0,6211	1							
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0-10 см	0,43596	0,69126	0,646079	0,67972	0,693456	0,0986	-0,05388	0,35445	0,255406	0,33522	0,133	0,53421	0,163745	0,37963	0,929933	0,0379	0,78188	-0,0412	0,39013	0,40668	0,59823	0,43607	-0,55464	0,69539	0,87387	1						
	10-20 см	-0,0324	-0,5605	-0,65536	-0,5383	-0,29951	0,04388	-0,01948	-0,0863	-0,72907	0,07183	0,10687	-0,2107	0,008772	0,13573	-0,70752	0,4273	-0,35223	-0,0629	-0,30369	0,1514	-0,194	-0,2132	0,83318	-0,1593	-0,69947	-0,8005	1					
AIФ, %	0-10 см	0,89444	0,7682	0,055198	0,32686	0,635654	0,75805	0,077388	0,66629	-0,25397	0,90295	0,82285	0,87546	0,757183	0,96832	0,691102	0,72623	0,87646	0,13746	0,62011	0,96658	0,65766	0,88242	0,42383	0,92257	0,56115	0,50959	-0,03682	1				
	10-20 см	0,51896	0,33087	-0,53269	-0,3035	-0,08075	0,86049	0,194753	0,41148	-0,22166	0,64265	0,84839	0,48681	0,784772	0,59213	-0,07511	0,60082	0,15522	0,29387	0,42636	0,53322	0,06057	0,65759	0,8913	0,21951	-0,15139	-0,3725	0,53193	0,55447	1			
Пористость	0-10 см	0,83981	0,78252	-0,05832	0,20711	0,510408	0,82144	0,007801	0,75001	-0,21837	0,94919	0,89868	0,9282	0,853531	0,9289	0,64444	0,65151	0,80561	0,0914	0,59455	0,92724	0,6744	0,91983	0,46561	0,85696	0,58363	0,45897	-0,03688	0,98625	0,625714	1		
	10-20 см	0,68877	0,86632	0,056425	0,24782	0,464387	0,70895	-0,14674	0,82363	-0,00273	0,8917	0,80494	0,97321	0,819735	0,75727	0,784403	0,35306	0,79732	-0,0471	0,53203	0,77197	0,77825	0,88835	0,14968	0,80933	0,83583	0,68516	-0,7316	0,8958	0,380405	0,92593	1	

Приложение 29

Корреляционная зависимость (r) запасов надземной фитомассы сенокоса и свойств почв Красноярской лесостепи, 2012 г.

Фитомасса, т/га	massa, т/га	Гумус, %		Нобщ, %		Вод. гумус, %		C:N		pH <sub>H2O</sub>		pH <sub>KCL</sub>		S, м-моль/100 г		N-NO <sub>3</sub> , мг/кг		N-NH <sub>4</sub> , мг/кг		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Влажность, %		Плотность, г/см <sup>3</sup>		AI <sub>Ф</sub> , %		Пористость, %		
		0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см					
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Гумус, %	0-10 см	0,843106	1																													
	10-20 см	0,240985	-0,24745	1																												
Нобщ, %	0-10 см	0,830183	0,993782	-0,2747	1																											
	10-20 см	0,019675	0,080146	-0,50363	0,165869	1																										
Вод. гумус, %	0-10 см	0,707104	0,897598	-0,39732	0,940278	0,451894	1																									
	10-20 см	0,077056	-0,26405	0,156492	-0,2633	0,470814	-0,2054	1																								
C:N	0-10 см	0,567487	0,412733	-0,13696	0,402448	0,494454	0,383482	0,756151	1																							
	10-20 см	0,545992	0,725918	-0,10006	0,769654	0,060545	0,804178	-0,64886	-0,18901	1																						
pH <sub>H2O</sub>	0-10 см	0,38713	0,77251	-0,50835	0,805302	0,135517	0,835704	-0,68906	-0,12406	0,892343	1																					
	10-20 см	0,543539	0,856983	-0,29894	0,847581	-0,20492	0,738549	-0,71915	-0,09441	0,833411	0,915857	1																				
pH <sub>KCL</sub>	0-10 см	0,365248	0,762259	-0,43797	0,739388	-0,26856	0,611219	-0,75104	-0,14882	0,68658	0,870422	0,964929	1																			
	10-20 см	0,341908	0,786773	-0,6574	0,773738	-0,01878	0,695062	-0,57411	0,058824	0,59688	0,868392	0,896865	0,952448	1																		
S, моль/10	0-10 см	0,606185	0,174591	0,452675	0,154817	0,198554	0,087578	0,808194	0,818242	-0,26106	-0,443	-0,31752	-0,44739	-0,37859	1																	
	10-20 см	0,1688956	0,50461	-0,86873	0,517287	0,594355	0,582575	0,16718	0,594252	0,080398	0,438004	0,309238	0,386334	0,648275	0,024675	1																
N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	0-10 см	0,43749	0,348318	0,534687	0,273939	-0,88079	-0,0217	-0,49318	-0,26628	0,30402	0,156143	0,509697	0,475839	0,22731	0,00836	-0,46762	1															
	10-20 см	-0,16533	0,309138	-0,52526	0,272614	-0,427	0,150906	-0,8028	-0,45129	0,317537	0,606992	0,686104	0,842071	0,789199	-0,7549	0,269228	0,363311	1														
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0-10 см	0,882304	0,576913	0,558067	0,524509	-0,3298	0,297439	0,181209	0,487969	0,219182	0,008233	0,303862	0,161971	0,068316	0,715647	-0,13803	0,657928	-0,23819	1													
	10-20 см	0,14063	-0,0125	0,634466	-0,09836	-0,97872	-0,39591	-0,36505	-0,3732	-0,03351	-0,17554	0,189487	0,208748	-0,0475	-0,01521	-0,63605	0,926418	0,278288	0,499391	1												
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0-10 см	0,865691	0,46317	0,634794	0,440176	-0,09409	0,305244	0,365441	0,552657	0,199388	-0,09497	0,108407	-0,087	-0,15352	0,838871	-0,19362	0,440005	-0,52843	0,941361	0,293252	1											
	10-20 см	-0,23327	-0,36921	0,017857	-0,44209	-0,15283	-0,58097	0,63486	0,435776	-0,90146	-0,72542	-0,55671	-0,40395	-0,29633	0,408214	0,145143	-0,09353	-0,15889	0,07924	0,149597	0,00182	1										
K <sub>2</sub> O, мг/кг	0-10 см	0,934222	0,730918	0,151569	0,737878	0,326194	0,698833	0,374768	0,775152	0,380981	0,239844	0,303831	0,11925	0,185644	0,762494	0,308089	0,112832	-0,41077	0,774274	-0,15277	0,848672	-0,11999	1									
	10-20 см	0,028551	-0,34852	0,93712	-0,36943	-0,62707	-0,47457	-0,13831	-0,47357	-0,00669	-0,3934	-0,21481	-0,32111	-0,59136	0,113344	-0,97904	0,581432	-0,2994	0,33519	0,701615	0,377607	-0,14769	-0,12865	1								
Влажн.	0-10 см	0,896402	0,896943	-0,17392	0,908412	0,383873	0,882596	0,158665	0,720532	0,537454	0,528302	0,549915	0,410028	0,512331	0,515991	0,560665	0,068082	-0,10536	0,623039	-0,26223	0,63289	-0,22484	0,931424	-0,39611	1							
	10-20 см	0,810623	0,954219	-0,18779	0,975633	0,163476	0,949597	-0,35926	0,259778	0,883676	0,848748	0,85767	0,716061	0,711298	0,081157	0,378316	0,288591	0,235672	0,483948	-0,09304	0,435187	-0,6206	0,701477	-0,24152	0,855567	1						
Плотн., г	0-10 см	0,555533	0,800018	-0,24817	0,839627	0,113413	0,868599	-0,63434	-0,10249	0,984498	0,951044	0,888235	0,767509	0,71743	-0,27236	0,244727	0,255735	0,399732	0,197247	-0,09931	0,149786	-0,83823	0,402471	-0,16844	0,60517	0,922482	1					
	10-20 см	0,917729	0,870685	0,224133	0,832556	-0,31048	0,62512	-0,25064	0,300828	0,615587	0,507546	0,748347	0,624084	0,52645	0,337263	0,078279	0,712436	0,183611	0,858456	0,423356	0,722285	-0,26297	0,721027	0,110446	0,747148	0,812933	0,628971	1				
AI <sub>Ф</sub> , %	0-10 см	0,81777	0,557303	0,524507	0,584062	0,024545	0,565457	-0,06059	0,18001	0,676019	0,322083	0,379435	0,127864	0,009172	0,44409	-0,26872	0,392021	-0,36673	0,70018	0,140035	0,805755	-0,58907	0,745169	0,414635	0,620889	0,690658	0,592913	0,710082	1			
	10-20 см	0,379312	0,299288	0,405075	0,198328	-0,86552	-0,14456	-0,25494	-0,02677	-0,00654	-0,03109	0,37093	0,40782	0,234921	0,148255	-0,26197	0,913369	0,369553	0,669522	0,901273	0,406263	0,293452	0,108972	0,378839	0,069435	0,125361	-0,00542	0,639573	0,131295	1		
Порист.	0-10 см	0,507618	0,508709	-0,39732	0,559428	0,844624	0,707031	0,51349	0,8149	0,204287	0,262842	0,084625	-0,0194	0,215709	0,515515	0,711465	-0,54036	-0,38895	0,178145	-0,75532	0,330264	-0,0696	0,746511	-0,63814	0,796317	0,501008	0,283965	0,196116	0,301976	-0,47113	1	
	10-20 см	0,654813	0,319077	0,225877	0,342572	0,541929	0,395285	0,750555	0,848875	0	-0,1705	-0,19462	-0,36816	-0,24254	0,906367	0,222742	-0,241	-0,77453	0,563345	-0,3637	0,759555	0,107805	0,868445	-0,0977	0,694366	0,306027	0,0310087	0,557831	-0,18517	0,790569	1	

Приложение 30

Корреляционная зависимость (r) запасов надземной фитомассы залежи и свойств почв Ачинско-Боготольской лесостепи, 2012 г.

Фитомасса, т/га	масса, т/га	Гумус, %		Нобщ, %		Вод. гумус, %		С:Н		рН <sub>H2O</sub>		рН <sub>KCL</sub>		S, м-моль/100 г		N-NO <sub>3</sub> , мг/кг		N-NH <sub>4</sub> , мг/кг		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Влажность, %		Плотность, г/см <sup>3</sup>		AIФ, %		Пористость, %									
		0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см												
		1																																					
Гумус, %	0-10 см	0,868912	1																																				
	10-20 см	0,963303	0,918539	1																																			
Нобщ, %	0-10 см	0,81831	0,968772	0,842983	1																																		
	10-20 см	0,886524	0,831519	0,940233	0,806444	1																																	
Вод. гумус, %	0-10 см	0,290173	0,459821	0,441695	0,247878	0,209196	1																																
	10-20 см	0,026154	0,271406	0,288939	0,177077	0,384581	0,519983	1																															
С:Н	0-10 см	0,650082	0,249885	0,453161	0,298732	0,481307	-0,41365	-0,55246	1																														
	10-20 см	0,317279	0,019699	0,114179	-0,05609	-0,13569	0,111003	-0,74466	0,535217	1																													
рН <sub>H2O</sub>	0-10 см	0,632307	0,235809	0,543171	0,081794	0,408322	0,29842	-0,18772	0,649125	0,688652	1																												
	10-20 см	0,605922	0,137772	0,428505	0,111536	0,413291	-0,23304	-0,47984	0,942082	0,638064	0,844423	1																											
рН <sub>KCL</sub>	0-10 см	0,554712	0,528037	0,483832	0,398938	0,161775	0,630272	-0,28333	0,200621	0,756262	0,547622	0,274227	1																										
	10-20 см	0,42739	0,045912	0,186627	0,143518	0,217501	-0,60478	-0,76305	0,948501	0,57605	0,470809	0,852493	0,128524	1																									
S, моль/100 г	0-10 см	0,825202	0,785256	0,831734	0,631621	0,5955	0,728617	0,09265	0,284777	0,492478	0,667964	0,364678	0,866498	0,070274	1																								
	10-20 см	0,100274	0,165017	0,323493	0,075039	0,485217	0,321431	0,921621	-0,27299	-0,68356	0,03086	-0,1695	-0,42122	-0,50981	0,027847	1																							
N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	0-10 см	0,944236	0,674621	0,841032	0,61122	0,735292	0,192117	-0,2195	0,802262	0,568794	0,812457	0,811129	0,611991	0,617257	0,793485	-0,07023	1																						
	10-20 см	0,945369	0,725766	0,823558	0,705403	0,723649	0,100594	-0,29926	0,813817	0,548988	0,685038	0,755402	0,610158	0,666417	0,752219	-0,19057	0,977592	1																					
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0-10 см	0,304838	0,653713	0,418808	0,556839	0,189201	0,807294	0,330836	-0,43638	0,032279	-0,08942	-0,44858	0,660663	-0,52878	0,651074	-0,00296	0,118829	0,157464	1																				
	10-20 см	0,382425	0,750961	0,429075	0,81296	0,336984	0,283058	0,119413	-0,16313	-0,14679	-0,37233	-0,38639	0,385342	-0,18064	0,392798	-0,17331	0,143892	0,293975	0,773908	1																			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0-10 см	0,73808	0,926287	0,790914	0,847044	0,593478	0,679849	0,213173	0,045714	0,184289	0,22961	-0,00837	0,748966	-0,12272	0,871186	0,009385	0,572743	0,615015	0,86417	0,785979	1																		
	10-20 см	0,742377	0,624136	0,569893	0,652564	0,403297	0,019596	-0,57663	0,681214	0,674931	0,437663	0,557472	0,722826	0,662769	0,643024	-0,58849	0,791589	0,884501	0,284925	0,486156	0,619954	1																	
K <sub>2</sub> O, мг/кг	0-10 см	0,478519	0,582038	0,613954	0,369187	0,395548	0,97594	0,508831	-0,2261	0,158834	0,445236	-0,05331	0,665147	-0,46073	0,834883	0,366241	0,384483	0,287029	0,759843	0,278141	0,744364	0,138235	1																
	10-20 см	0,452185	0,282099	0,269065	0,46148	0,37783	-0,68191	-0,56363	0,793138	0,190217	0,06875	0,545649	-0,04682	0,851328	-0,02971	-0,41335	0,482156	0,612261	-0,35371	0,226895	0,037792	0,654945	-0,54754	1															
Влажн.ность, %	0-10 см	0,565214	0,872282	0,713684	0,791837	0,588785	0,736162	0,55115	-0,24417	-0,18479	-0,0055	-0,29429	0,490062	-0,43716	0,704399	0,311498	0,312437	0,339772	0,89057	0,78745	0,921614	0,288509	0,766836	-0,17198	1														
	10-20 см	0,956009	0,8145	0,870368	0,835157	0,840819	0,023018	-0,15409	0,763067	0,30444	0,505584	0,637876	0,441076	0,60426	0,662069	-0,06026	0,910087	0,9598	0,162956	0,422355	0,633191	0,820994	0,21547	0,69116	0,429185	1													
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0-10 см	0,675247	0,248583	0,515375	0,262357	0,563125	-0,32745	-0,39089	0,97535	0,46259	0,735897	0,967623	0,147318	0,869771	0,316308	-0,07483	0,82004	0,790596	-0,46693	-0,27317	0,024016	0,562045	-0,12694	0,679947	-0,22173	0,741675	1												
	10-20 см	0,177373	-0,30973	-0,03934	-0,27618	0,005534	-0,56419	-0,67777	0,834385	0,584178	0,599399	0,880634	-0,01742	0,87841	-0,07879	-0,34259	0,452278	0,413319	-0,75451	-0,62318	-0,43982	0,322141	-0,44769	0,539156	-0,70558	0,285091	0,825137	1											
AIФ, %	0-10 см	0,966539	0,841863	0,902559	0,771171	0,745397	0,381755	-0,11286	0,613352	0,507057	0,671744	0,591679	0,745118	0,424546	0,90664	-0,08861	0,948809	0,955272	0,417032	0,418318	0,800016	0,838895	0,544912	0,388523	0,569084	0,910194	0,608949	0,172687	1										
	10-20 см	0,574124	0,647563	0,718006	0,442985	0,545303	0,925516	0,579349	-0,13293	0,08188	0,488203	0,026941	0,585034	-0,40419	0,840849	0,484656	0,462023	0,358354	0,686596	0,257235	0,741932	0,136093	0,982108	-0,46521	0,780843	0,317072	-0,01232	-0,40011	0,596308	1									
Пористость	0-10 см	0,833253	0,903878	0,950544	0,803576	0,901769	0,601932	0,557298	0,167715	-0,1107	0,385846	0,167676	0,393232	-0,12141	0,783953	0,525745	0,644327	0,610179	0,54962	0,47105	0,806825	0,337298	0,735027	0,020528	0,841313	0,689394	0,261364	-0,30715	0,75708	0,832038	1								
	10-20 см	0,683885	0,334246	0,675061	0,243442	0,73865	0,083074	0,184965	0,660909	0,155525	0,793685	0,068094	0,412082	0,444911	0,483194	0,738265	0,617258	-0,29231	-0,35867	0,117998	0,192192	0,276889	0,219102	0,04723	0,596651	0,806437	0,506768	0,560518	0,421356	0,575369	1								

## Приложение 31

### Корреляционная зависимость (r) запасов надземной фитомассы пашни и свойств почв Ачинско-Боготольской лесостепи, 2012 г.

Фитомасса, т/га	масса, т/га	Гумус, %		Нобщ %		Вод. гумус, %		С:N		pH <sub>H2O</sub>		pH <sub>KCL</sub>		S, м-моль/100 г		N-NO <sub>3</sub> , мг/кг		N-NH <sub>4</sub> , мг/кг		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Влажность, %		Плотность, г/см <sup>3</sup>		AIФ, %		Пористость, %																				
		0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см																					
	1																																																	
Гумус, %	0-10 см	0,587635	1																																															
	10-20 см	0,070339	0,691023	1																																														
Нобщ %	0-10 см	0,761008	0,448718	0,096986	1																																													
	10-20 см	0,365401	0,565545	0,167898	0,73568	1																																												
Вод. гумус, %	0-10 см	0,578443	0,231843	0,103293	-0,02452	-0,5077	1																																											
	10-20 см	-0,02968	0,231685	0,334243	-0,61684	-0,63076	0,69083	1																																										
C:N	0-10 см	0,4595	-0,14015	-0,12469	-0,0047	-0,64274	0,901677	0,452091	1																																									
	10-20 см	0,169192	0,177239	-0,29652	0,555576	0,877652	-0,65319	-0,76196	-0,68215	1																																								
pH <sub>H2O</sub>	0-10 см	0,651485	-0,12632	-0,34917	0,262363	-0,38379	0,800514	0,172351	0,923339	-0,35077	1																																							
	10-20 см	0,078304	-0,46318	-0,85454	-0,29907	-0,4004	0,324599	0,172351	0,392215	-0,01493	0,521277	1																																						
pH <sub>KCL</sub>	0-10 см	0,118012	0,638597	0,899264	-0,14916	-0,16693	0,458044	0,702778	0,18782	-0,58891	-0,09832	-0,55208	1																																					
	10-20 см	0,330244	-0,10206	-0,52339	0,709201	0,67654	-0,45254	-0,89856	-0,29378	0,854723	0,077357	0,14182	-0,78212	1																																				
S, моль/10	0-10 см	0,573675	0,969087	0,748964	0,579796	0,653214	0,113118	0,051973	-0,19589	0,232592	-0,17002	-0,62909	0,604352	2,29E-16	1																																			
	10-20 см	0,380623	0,772978	0,204922	0,310895	0,723156	-0,12293	0,011347	-0,49008	0,606317	-0,33248	-0,07424	0,138066	0,217115	0,683554	1																																		
N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	0-10 см	0,807883	0,706368	0,591345	0,63853	0,224825	0,59229	0,16101	0,455804	-0,18628	0,449937	-0,41533	0,589229	-0,0734	0,753677	0,180662	1																																	
	10-20 см	0,123465	0,825413	0,956273	0,077539	0,281861	0,093509	0,395221	-0,23298	-0,15826	-0,41707	-0,74694	0,8841	-0,49397	0,830802	0,462197	0,541798	1																																
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0-10 см	0,675409	0,553333	0,20367	0,055556	-0,20123	0,900326	0,707926	0,636065	-0,38993	0,589506	0,27791	0,524847	-0,38784	0,393019	0,316857	0,616466	0,310355	1																															
	10-20 см	-0,05169	0,427245	0,466163	-0,56689	-0,39707	0,52063	0,952097	0,189791	-0,57478	-0,07153	0,02601	0,762732	-0,85898	0,247342	0,266358	0,150731	0,582632	0,659914	1																														
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0-10 см	0,876093	0,866025	0,377964	0,532939	0,375875	0,585615	0,289821	0,280093	0,076747	0,364662	-0,07293	0,466628	0	0,792629	0,641756	0,808228	0,506878	0,819837	0,365547	1																													
	10-20 см	0,738483	0,560449	-0,10483	0,238139	0,16743	0,607916	0,377176	0,326272	0,120619	0,46524	0,46524	0,129419	0,049029	0,387945	0,638313	0,405137	0,104536	0,848679	0,408011	0,83205	1																												
K <sub>2</sub> O, мг/кг	0-10 см	0,938752	0,414896	0,0203	0,891861	0,410207	0,414505	-0,30019	0,427281	0,233419	0,647684	-0,03775	-0,03656	0,503279	0,48047	0,173986	0,782928	-0,0068	0,417295	-0,35314	0,688305	0,477721	1																											
	10-20 см	0,57801	0,388333	0,562716	0,401947	-0,15095	0,666492	0,259852	0,660599	-0,5257	0,543784	-0,40055	0,615135	-0,28434	0,458655	-0,24999	0,899224	0,408057	0,507843	0,146226	0,518775	0,120652	0,61606	1																										
Влажность, %	0-10 см	0,882353	0,316922	0,087454	0,620842	-0,00747	0,742924	0,066796	0,763766	-0,21057	0,848122	0,056048	0,190505	0,129219	0,339522	-0,0813	0,840036	0,013962	0,633523	-0,078	0,668437	0,484869	0,897326	0,817473	1																									
	10-20 см	0,698949	0,865091	0,566669	0,817151	0,779509	0,039571	-0,23309	-0,1706	0,412993	-0,04007	-0,57534	0,354009	0,301948	0,94274	0,619937	0,77452	0,618899	0,276001	-0,06792	0,763126	0,357418	0,689273	0,464914	0,46843	1																								
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0-10 см	0,665733	0,676448	0,310366	0,081387	-0,08281	0,822352	0,700564	0,503752	-0,31357	0,455737	0,170901	0,59293	-0,39299	0,518266	0,448087	0,635312	0,441993	0,985185	0,704442	0,871221	0,858214	0,390253	0,476128	0,565615	0,378217	1																							
	10-20 см	0,186651	0,17609	0,086459	0,774345	0,830277	-0,63534	-0,89754	-0,5325	0,749041	-0,3003	-0,52274	-0,33735	0,768309	0,37329	0,215982	0,160569	0,03964	-0,55468	-0,7682	0	-0,29607	0,41678	-0,02098	0,031895	0,59726	-0,49021	1																						
AIФ, %	0-10 см	0,72037	0,924848	0,364381	0,517747	0,629037	0,255881	0,136638	-0,10568	0,373131	0,027002	-0,14009	0,356289	0,132516	0,851565	0,886263	0,59971	0,561364	0,616494	0,317343	0,920075	0,783848	0,520381	0,207028	0,364575	0,810217	0,718114	0,166863	1																					
	10-20 см	0,64169	0,752951	0,367615	0,093484	0,014441	0,738937	0,678527	0,382548	-0,2342	0,339822	0,104244	0,617276	-0,37972	0,595513	0,552663	0,61991	0,52207	0,953117	0,72441	0,890967	0,859285	0,354402	0,41932	0,490256	0,440933	0,990684	-0,43471	0,785725	1																				
Пористость	0-10 см	0,587307	0,730553	0,729651	0,743315	0,541026	0,12261	-0,16988	0,008049	0,102803	0,026367	-0,75958	0,515232	0,103239	0,86227	0,266324	0,868554	0,664513	0,203912	-0,07748	0,61182	0,080988	0,653341	0,722758	0,548324	0,908084	0,278212	0,548147	0,551732	0,311481	1																			
	10-20 см	0,196414	-0,16958	-0,80881	0,036027	0,180654	-0,04493	-0,18147	-0,07208	0,53885	0,208092	0,820128	-0,6947	0,526634	-0,30323	0,393699	-0,41006	-0,60751	0,11628	-0,17209	0,083918	0,558593	0,085935	-0,6267	-0,07738	-0,19513	0,085717	-0,07678	0,207793	0,085385	-0,55369	1																		

## Приложение 32

### Корреляционная зависимость (r) запасов надземной фитомассы сенокоса и свойств почв Ачинско-Боготольской лесостепи, 2012 г.

Фитомасса, т/га	масса, т/га	Гумус, %		Нобщ, %		Вод. гумус, %		С:Н		рН <sub>H2O</sub>		рН <sub>KCL</sub>		S, м-моль/100 г		N-NO <sub>3</sub> , мг/кг		N-NH <sub>4</sub> , мг/кг		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Влажность, %		Плотность, г/см <sup>3</sup>		АПФ, %		Пористость, %			
		0-10 см		10-20 см		0-10 см		10-20 см		0-10 см		10-20 см		0-10 см		10-20 см		0-10 см		10-20 см		0-10 см		10-20 см		0-10 см		10-20 см					
		1																															
Гумус, %	0-10 см	0,537667	1																														
	10-20 см	0,370442	0,010513	1																													
Нобщ, %	0-10 см	0,503113	0,881043	0,447813	1																												
	10-20 см	0,183349	0,183754	-0,08221	0,056739	1																											
Вод. гумус, %	0-10 см	0,057195	-0,33744	-0,50348	-0,63676	0,619362	1																										
	10-20 см	0,225054	-0,066	-0,45043	-0,38163	0,781682	0,954709	1																									
C:N	0-10 см	0,357978	0,21331	-0,24629	0,039938	-0,68262	-0,18448	-0,23722	1																								
	10-20 см	-0,0893	0,152607	0,783645	0,583473	-0,19122	-0,81224	-0,74212	-0,37184	1																							
pH <sub>H2O</sub>	0-10 см	0,337916	0,761045	0,378302	0,85958	0,510878	-0,32933	-0,05053	-0,43227	0,539319	1																						
	10-20 см	0,294931	0,350594	-0,18915	0,145692	0,97361	0,615695	0,808509	-0,51662	-0,29417	0,538462	1																					
pH <sub>KCL</sub>	0-10 см	0,312067	0,947938	0,076249	0,919126	0,018869	-0,5772	-0,33101	0,148754	0,378815	0,775217	0,155043	1																				
	10-20 см	0,462016	-0,16715	-0,35551	-0,46551	0,338837	0,850417	0,816791	0,269502	-0,85393	-0,40482	0,40482	-0,46625	1																			
S, моль/100 г	0-10 см	0,706367	0,823408	0,570627	0,958061	0,129595	-0,50788	-0,25407	0,05783	0,517932	0,820413	0,210963	0,793725	-0,26434	1																		
	10-20 см	0,63091	0,777903	0,491059	0,871498	0,495835	-0,24823	0,035236	-0,26693	0,441817	0,940743	0,54464	0,711879	-0,17371	0,921359	1																	
N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	0-10 см	0,387423	0,524083	-0,58815	0,109366	0,63579	0,607017	0,774414	0,077936	-0,66733	0,26531	0,78643	0,285838	0,594816	0,136881	0,316792	1																
	10-20 см	0,082689	0,493541	0,4869	0,70314	0,510407	-0,35312	-0,13134	-0,68132	0,699907	0,933838	0,45765	0,577425	-0,55945	0,648649	0,81332	0,01433	1															
N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	0-10 см	0,910727	0,464309	0,64322	0,58163	0,355178	-0,02375	0,166248	-0,01632	0,215976	0,548683	0,387055	0,291479	0,252619	0,78803	0,793945	0,210407	0,405228	1														
	10-20 см	0,270697	0,445669	0,718072	0,737761	0,410468	-0,41643	-0,20728	-0,5902	0,778163	0,890914	0,346467	0,50878	-0,50235	0,751105	0,855929	-0,1205	0,952496	0,60209	1													
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0-10 см	0,690457	0,711671	0,169107	0,66784	-0,41391	-0,48412	-0,3532	0,757507	0,077041	0,237574	0,655263	-0,0094	0,693465	0,407783	0,15199	-0,0551	0,471526	0,064364	1													
	10-20 см	0,615116	0,308189	-0,3059	-0,01346	0,690461	0,754231	0,88726	0,038973	-0,67209	0,154022	0,793803	-8E-17	0,828378	0,144413	0,330461	0,883737	-0,064	0,487401	-0,07623	0,103997	1											
K <sub>2</sub> O, мг/кг	0-10 см	0,862639	0,497982	0,539688	0,601765	-0,29498	-0,39378	-0,28146	0,568715	0,206025	0,234582	-0,1921	0,401464	0,107165	0,744744	0,496927	-0,02469	0,015918	0,762489	0,249186	0,874538	0,154264	1										
	10-20 см	-0,04077	-0,86382	0,236823	-0,72946	-0,09557	0,422099	0,204189	-0,06727	-0,20458	-0,67745	-0,2323	-0,93268	0,454706	-0,53893	-0,52501	-0,40465	-0,50522	0,007742	-0,334	-0,44188	-0,00819	-0,07535	1									
Влажность, %	0-10 см	0,865745	0,250786	0,02872	0,061104	0,370864	0,536559	0,633114	0,305656	-0,52364	0,029589	0,471341	-0,05807	0,83887	0,297066	0,32878	0,6014	-0,20713	0,713868	-0,07081	0,379794	0,868042	0,5557	0,210091	1								
	10-20 см	0,622352	-0,12669	-0,0869	-0,32421	0,393327	0,768832	0,767526	0,181847	-0,67429	-0,26013	0,43609	-0,43269	0,959758	-0,07525	0,015227	0,507442	-0,40061	0,488325	-0,2806	0,042141	0,830128	0,271185	0,510389	0,9189	1							
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0-10 см	0,832915	0,215364	0,799907	0,440867	0,111102	-0,12918	-0,02137	0,047559	0,316386	0,332531	0,101205	0,087422	0,195652	0,669662	0,601791	-0,09871	0,256737	0,938529	0,520954	0,432426	0,262765	0,804357	0,257399	0,617298	0,451878	1						
	10-20 см	0,29048	0,059498	-0,20107	-0,14924	0,940369	0,824699	0,937601	-0,47684	-0,46749	0,252748	0,936654	-0,1798	0,63712	-0,01812	0,318991	0,720522	0,206873	0,358427	0,143495	-0,37218	0,85185	-0,22916	0,106514	0,589741	0,66443	0,145308	1					
АПФ, %	0-10 см	0,842022	0,084452	0,376103	0,076163	0,41971	0,445024	0,528572	0,043068	-0,2353	0,11167	0,437769	-0,18258	0,696865	0,351869	0,414063	0,327558	-0,01399	0,844379	0,184791	0,216182	0,712957	0,562316	0,406227	0,914092	0,867417	0,821457	0,583437	1				
	10-20 см	0,865566	0,08522	0,227455	0,009349	0,110731	0,37521	0,410549	0,416296	-0,39013	-0,13006	0,181567	-0,18341	0,767066	-0,2718	0,208687	0,306252	-0,32467	0,722131	-0,10799	0,4935102	0,655959	0,688461	0,407511	0,941071	0,881088	0,740766	0,353251	0,923092	1			
Пористость	0-10 см	0,537327	0,244968	-0,3	-0,06066	0,7758	0,801931	0,93106	-0,09511	-0,6472	0,175378	0,854017	-0,05379	0,805439	0,092943	0,325567	0,869426	-0,00277	0,45493	-0,03189	-0,02603	0,990051	0,046296	0,023306	0,815562	0,810145	0,22644	0,916687	0,692018	0,589386	1		
	10-20 см	0,4454	0,223011	-0,35774	-0,09427	0,818184	0,826665	0,953188	-0,16582	-0,65523	0,183769	0,888218	-0,06173	0,77139	0,037333	0,299001	0,883329	0,025689	0,37766	-0,03449	-0,10953	0,971785	-0,06033	-0,00507	0,74516	0,75912	0,135281	0,94124	0,618404	0,497169	0,993557	1	

