

На правах рукописи

**Кураченко Наталья Леонидовна**

**ОЦЕНКА И ДИНАМИКА АГРОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ЧЕРНОЗЕМОВ И СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ  
КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ**

03.02.13 – почвоведение

Автореферат  
диссертации на соискание учёной степени  
доктора биологических наук

Томск – 2010

Работа выполнена на кафедре почвоведения и агрохимии ФГОУ ВПО  
«Красноярский государственный аграрный университет»

**Научный консультант:** доктор биологических наук,  
профессор Чупрова Валентина Владимировна

**Официальные оппоненты:** доктор биологических наук  
Кулижский Сергей Павлович

доктор биологических наук  
Танасиенко Анатолий Алексеевич

доктор сельскохозяйственных наук  
Пивоварова Елена Григорьевна

**Ведущее учреждение:** Институт общей и экспериментальной биологии  
СО РАН

Защита диссертации состоится «15» апреля 2010 г. в 14 часов на  
заседании диссертационного совета Д 212.267.09 при ГОУ ВПО «Томский  
государственный университет» по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36  
(Факс: (3822)529601)

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке ГОУ ВПО  
«Томский государственный университет»

Автореферат разослан «1» марта 2010 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор биологических наук

В.П. Середина

**Актуальность темы** обусловлена необходимостью достоверной количественной оценки изменений показателей физического состояния почв в условиях агрогенного воздействия для предупреждения негативных изменений, а также поддержания агрофизических свойств в оптимальном интервале значений. Устойчивость физических свойств к естественным и антропогенным воздействиям – это их способность сохранять, в первую очередь, структурное состояние и сложение, являющимися интегральными показателями физического состояния почв. Изменение агрофизических свойств, которые весьма динамичны и зависят от культуры земледелия, служит одним из антропогенно обусловленных процессов трансформации почв. В настоящее время агрофизическая деградация принимает широкие масштабы и в перспективе представляет существенную угрозу плодородию почв, нормальному функционированию почвенного покрова и наземных экосистем в целом [Медведев, 1982; Хазиев, 2000; Королев, 2005]. Высокая сельскохозяйственная нагрузка на лесостепные районы земледельческой части Красноярского края, где основой пахотного фонда являются черноземы и серые лесные почвы, требует сохранения и воспроизводства плодородия этих почв.

**Цель исследований** – оценить агрофизическое состояние черноземов и серых лесных почв в связи с концепцией иерархии уровней их структурной организации, а также обосновать возможность управления агрофизическими параметрами при участии новообразованного гумуса в агроценозах Красноярской лесостепи.

**Основные задачи:**

1. Выявить изменение основных структурных уровней организации почв под влиянием агрогенных факторов.
2. Исследовать особенности пространственно-временной изменчивости агрофизических свойств почв.
3. Изучить влияние агроценозов и удобрений на основные физические параметры почв.
4. Установить состав и содержание гумусовых веществ в почвах, их водопрочных, нестойких и морфологически разнокачественных структурных агрегатах.
5. Определить участие гумусовых веществ в пространственно-временной изменчивости агрофизических свойств почв.

**Научная новизна.** На основе профильного метода установлены закономерности изменения основных уровней структурной организации почв в системе целина-пашня. Показано, что гранулометрический и микроагрегатный состав не претерпевает существенных изменений при сельскохозяйственном использовании почв. Значительные трансформации происходят на агрегатном и более высоком уровне их структурной организации. Впервые для условий региона проведена математическая обработка основных физических параметров на горизонтном уровне и рассчитана степень достоверности их изменений под влиянием агрогенного

воздействия. Отличная оструктуренность ненарушенных почв сохраняется только в пахотных черноземах. Серые лесные почвы пашни по содержанию агрономически ценных фракций обладают неудовлетворительной структурой. Показано, что факторами, определяющими сезонную и пространственную изменчивость агрофизических показателей почв являются: характер почвообразующих пород, мезо- и микрорельеф поля, влажность почвы и ритм превращения подвижных гумусовых веществ. Установлено, что восстановление агрофизических свойств деградированных черноземов в полях севооборотов достигается запашкой полной фитомассы донникового сидерата, а также распашкой пласта люцерны. Применяемые в агроценозах органические и органо-минеральные удобрения поддерживают оптимальные агрофизические параметры в черноземах и улучшают их в серых лесных почвах региона. Выявлены особенности состава и содержания гумусовых веществ ненарушенных и пахотных почв, в т.ч. водопрочных, нестойких и морфологически разнокачественных агрегатов. Установлено, что компонентами гумусовых веществ, определяющими стабильность почвенной структуры и её пространственно-временную изменчивость в агроценозах Красноярской лесостепи, являются подвижные гумусовые вещества.

#### **Защищаемые положения:**

- Агрогенная трансформация агрофизических свойств пахотных почв проявляется на агрегатном уровне их организации с сохранением оптимальных параметров в черноземах и проявлением неустойчивого агрофизического состояния в серых лесных почвах.

- Агрофизические свойства пахотных почв характеризуются однородностью пространственного распределения. Сезонный ритм и качественная оценка их различны, что обуславливается генезисом почв и характером их использования.

- Изменение уровней временного ряда агрофизических свойств черноземов и их пространственная изменчивость определяется подвижными гумусовыми веществами, усиливающими свою эффективность при запашке в почву растительного вещества и бугристом рельефе поля.

**Практическая значимость.** Полученные данные о количественных изменениях агрофизических показателей необходимы для оценки степени физической деградации почв региона и разработки обоснованного прогноза их изменения при агрогенном воздействии. Предложенные теоретические и практические положения могут служить основой регулирования агрофизических свойств почв в целях повышения сохранности и устойчивости функционирования почвы. Материалы исследований необходимы при организации и проведении экологического мониторинга естественных и антропогенно-измененных экосистем. Они внедрены на территории землепользований ОАО «Заря» и ООО ОПХ «Солянское» Красноярского края. А также используются в лекциях по дисциплинам «Почвоведение с основами геологии» и «Воспроизводство плодородия почв», читаемых в Институте агроэкологического менеджмента Красноярского государственного аграрного университета.

**Апробация работы.** Материалы диссертации опубликованы в трёх монографиях и 41 исследовательских работах, в том числе изданиях рекомендованных ВАК РФ – 10.

Результаты исследований представлялись и обсуждались: на научных региональных (Красноярск, 2001, 2008), Всероссийских (Красноярск, 2005, 2006, 2007; Москва, 2003, 2008; Иркутск, 2005) и Международных конференциях (Сыктывкар, 1997; Томск, 2000, 2001; Ставрополь, 2004; Красноярск, 2003; Воронеж, 2004; Барнаул, 2007, 2009; Кызыл, 2008), III - V съездах общества почвоведов (Суздаль, 2000; Новосибирск, 2004; Ростов-на-Дону, 2008), научных семинарах кафедры почвоведения и агрохимии КрасГАУ и заседаниях общества почвоведов разных лет.

**Структура диссертации.** Диссертация изложена на 355 страницах, включая 76 таблиц, 41 рисунок. Состоит из 7 глав, выводов, списка литературы, который представлен 415 источниками, из них 33 иностранных.

**Личный вклад автора** заключается в разработке программы и методики исследований, организации и проведении экспериментальных работ, выполнении значительной части аналитических определений, обработке и интерпретации аналитических данных.

**Благодарности.** Выражаю искреннюю благодарность научному консультанту доктору биологических наук, профессору В.В. Чупровой за ценные советы, аспирантам С.Н. Солодченко и М.В. Бабаеву за помощь в проведении аналитических определений, доктору сельскохозяйственных наук, профессору В.Н. Романову и кандидату экономических наук, директору ОАО птицефабрика «Заря» И.В. Исаеву за помощь в проведении полевых опытов, а также сотрудникам кафедры почвоведения и агрохимии КрасГАУ за поддержку на всех этапах выполнения работы.

## **Глава 1. Экологические условия и особенности почвообразования в Красноярской лесостепи**

Приводится анализ физико-географических условий Красноярской лесостепи по опубликованным материалам [Коляго, 1953; Черепнин, 1961; Лиханова, Хаустова, 1961; Громова, Лобова, 1961; Вередченко, 1961; Брицина, 1962; Галахов, 1962; Семина, 1962; Брицина, Галахов и др., 1962; Сергеев, 1971]. Анализ научной литературы [Коляго, 1954; Вередченко, 1961; Бугаков, 1962, 1964, 1971; Семина, 1962, 1971; Семина, Вередченко, 1962; Бугаков, Чупрова, 1970; Кускова, 1971; Сергеев, 1971; Лебедева, Семина, 1974; Попова, Лубите, 1975; Бугаков, Чупрова, Шугалей, Попова, 1979; Бугаков, Горбачева, Чупрова, 1981; Чупрова, 1971, 1985, 1997; Крупкин, 2002; Сорокина, 2003, 2006 и др.] дает представление о пространственном распределении почв и их особенностях.

## Глава 2. Объекты и методы исследований, методические принципы

### 2.1. Методика проведения полевых и лабораторных исследований

Диссертационная работа является обобщением результатов, полученных автором при выполнении научно-исследовательских работ кафедры почвоведения и агрохимии в период 1993-2008 гг. в соответствии с программой исследований Красноярского государственного аграрного университета «Оценка состояния почвенного плодородия и биологической продуктивности агроэкосистем за период сельскохозяйственного использования юга Средней Сибири (в пределах Красноярского края)» (регистрационные номера 01.02.001 03880; 01.2.006 13786), научными проектами («Биомасса микроорганизмов и эмиссия CO<sub>2</sub> в зональных агроэкосистемах Енисейского трансекта», грант С-0145/2000-2001 фонда «Интеграция», 2000-2001гг.; «Антропогенная трансформация почв земледельческой территории Красноярского края: оценка состояния и изменений за период сельскохозяйственного использования», грант 11F0037С КФН, 2002г.), стипендиями краевого фонда «Наука» (1997, 2000 гг.). Часть исследований проводилась в рамках комплексной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на территории края на 2009-2011 годы и на период до 2017г. (заказчик-координатор Министерство сельского хозяйства и продовольственной политики Красноярского края, 2008г.). В работе применены методы: сравнительно-географический, сравнительно-аналитический, профильный, морфологический, стационарный, лабораторного и математического моделирования. А также применены субстантивный (вещественный, статический) и функциональный (динамический) подходы. Важное методическое значение имеет используемая в работе концепция иерархии уровней структурной организации почв [Корнблюм, 1975; Розанов, 1983; Воронин, 1986].

Объектами исследований явились наиболее распространенные подтипы черноземов (выщелоченные, обыкновенные) и серых лесных почв (серые, темно-серые) Красноярской лесостепи. Показатели, характеризующие физико-химические, физические свойства и гумусное состояние почв изучались в системе целина – пашня. На выровненных участках в различных частях исследуемой территории было заложено 45 разрезов. Оценка структурно-агрегатного состава и запасов гумусовых веществ проведена также в 0-20 см слое почв. Объем выборки составил 271 и 243 определение соответственно.

На стационарах «Миндерлинское», «Элита», «Минино» и «Заря» были выбраны агроэкосистемы, характерные для зоны Красноярской лесостепи. На пробных площадях, в полевом опыте и на трансектах этих стационаров *изучены пространственно-временная изменчивость*

*агрофизических свойств и факторы, её определяющие.* В качестве объектов исследования сезонной динамики агрофизических свойств выбраны 4 пробные площади разного использования (агроценоз ячменя, пшеницы, паровое поле, луговой фитоценоз). На полевом стационаре «Минино» проведена *количественная оценка агрофизического состояния черноземов и изучено влияние ритма превращения гумусовых веществ на сезонную динамику агрофизических показателей в агроценозах звеньев севооборотов.* Исследования проводились в звеньях зернотравяного и двух зернопаровых севооборотов на неудобренных фонах: люцерна 1 г.п. (года пользования) – люцерна 2 г.п.; люцерна 2 г.п. – пшеница; пар сидератный (донниковый) – пшеница; пар чистый – пшеница; пшеница – ячмень.

На уровне элементарных почвенных структур, которые связаны с элементами мезорельефа и крупными формами микрорельефа, изучение варьирования агрофизических показателей проводилось на двух трансектах, отличающихся мезо- и микрорельефом. *Первый трансект* расположен на поле пара, характеризующимся выровненным мезорельефом с отсутствием микрорельефа. *Второй трансект* заложен в смешанных посевах пшеницы с овсом на пологом склоне северо-восточной экспозиции. Поверхность поля характеризуется холмисто-увалистым мезорельефом с выраженным микрорельефом в виде западин.

*Пространственное варьирование агрофизических свойств в предельно однородных условиях почвообразования* исследовалось и на пробных площадях методом случайных чисел в 40-кратной повторности по методике Г.С. Липкиной [1980].

*Изучение влияния минеральных, органо-минеральных и органических удобрений на агрофизические свойства почв* проводили в 2-х полевых опытах на стационаре «Заря». Опыт № 1 проведен на черноземе выщелоченном мощном легкоглинистого гранулометрического состава. Схема опыта включала следующие варианты: 1. Контроль (без удобрений); 2. N<sub>52</sub>P<sub>20</sub>; 3. Вермикомпост эквивалентно N<sub>52</sub>; 4. Птичий помет эквивалентно N<sub>52</sub>; 5. N<sub>26</sub>P<sub>10</sub> + вермикомпост эквивалентно N<sub>26</sub>; 6. N<sub>26</sub>P<sub>10</sub> + птичий помет эквивалентно N<sub>26</sub>; 7. N<sub>26</sub>P<sub>10</sub>; 8. Вермикомпост эквивалентно N<sub>26</sub>; 9. Птичий помет эквивалентно N<sub>26</sub>. Полевой опыт № 2 проведен на темно-серой лесной среднетяжелой легкоглинистой почве по той же схеме, но с добавлением вариантов: коропометный компост эквивалентно N<sub>52</sub> и N<sub>26</sub>P<sub>10</sub> + коропометный компост эквивалентно N<sub>26</sub>.

В модельных лабораторных опытах на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом и черноземе обыкновенном глинистом *исследовались процессы образования и динамики структурных и водопрочных агрегатов в цикле «увлажнение-иссушение».*

В выделенных структурных агрегатах, различающихся по *морфологической выраженности* и размерам, определяли состав и содержание гумусовых веществ по схеме, принятой в исследованиях.

## **2.2. Методы аналитических исследований**

Основные химические и агрофизические показатели почв получены при помощи общепринятых методов [Агрохимические методы ..., 1975; Александрова, Найденова, 1967; Аринушкина, 1970; Вадюнина, Корчагина, 1986; Методическое руководство..., 1969; Растворова, 1983]. Результаты аналитических определений обработаны статистическими методами [Доспехов, 1985; Дмитриев, 1995; Боровиков, 1998] с использованием программ Microsoft Excel и Statistica.

## **Глава 3. Морфогенетические особенности черноземов и серых лесных почв**

Морфологический анализ почвенных профилей черноземов и серых лесных почв ключевых разрезов составил представление об их генетических особенностях, сущности почвообразовательных процессов и хозяйственной ценности. Приведенная химическая и физико-химическая характеристика ненарушенных и освоенных подтипов позволяет утверждать, что черноземы Красноярской лесостепи обладают высоким плодородием: они имеют высокое содержание гумуса, высокую поглонительную способность, нейтральную и слабощелочную реакцию среды. Серые лесные почвы отличаются невысоким плодородием: небольшим содержанием гумуса, невысоким количеством обменных оснований, слабокислой или нейтральной реакцией среды. Такое сопоставление свидетельствует об относительно пониженном потенциальном плодородии серых лесных почв, развитых на коричнево-бурых глинах.

## **Глава 4. Агрогенная трансформация почвенной структуры**

### **4.1. Морфология структурной организации почв**

Структурные агрегаты генетических горизонтов черноземов и серых лесных почв по основной форме относятся к типу округло-кубовидных структур. Родовая и видовая принадлежность структурных элементов обусловлена генезисом почв и характером их использования. В результате сельскохозяйственного использования черноземов и серых лесных почв происходит изменение структурной организации гумусовой толщи профиля. Она проявляется в деформации форм, размеров педов и их внутripедной организации. Агрогенная трансформация почв сопровождается уменьшением доли монотипных агрегатов зернистой формы и появлением глыбистых, комковатых и пороховидных структур в черноземах и укрупнением педов с образованием ореховатых и глыбистых отдельностей в серых лесных почвах.

### **4.2. Гранулометрический состав**

Среднестатистические данные гранулометрического состава черноземов и серых лесных почв свидетельствуют о преобладании тяжелосуглинистых разновидностей во всех подтипах (рис. 1). Анализ выборки указывает на преобладание иловатой (23-35%) и крупно-пылеватой



фракций (24-33%) в профиле почв. Отмечена слабая дифференциация исследуемых профилей по гранулометрическому составу. Особенности внутрипрофильного распределения основных гранулометрических фракций почв агроценозов мало, чем отличаются от целинных аналогов, что свидетельствует о стабильности минеральной массы исследуемых почв. Относительное обезыливание пахотного слоя на 8-11% выявлено только в черноземах выщелоченных.

#### **4.3. Микроагрегатный состав**

Особенности структуры почвы и, следовательно, обусловленных ею структурно-функциональных физических свойств, в значительной степени определяются составом и свойствами элементарных почвенных частиц и микроагрегатов. Черноземы и серые лесные почвы обладают хорошо выраженной микроагрегированностью по всему профилю. Это подтверждается в общих закономерностях распределения микроагрегатов по фракциям. Основное их количество сосредоточено во фракциях крупнее 0,01 мм (93-73%) (рис.2).

Высокая потенциальная способность к оструктуриванию изученных почв доказывается значительным содержанием истинных микроагрегатов (24-35%), высоким коэффициентом общей агрегированности (14-24%) и низкими коэффициентами дисперсности (6-12%). Высокая устойчивость агрегирующих связей микроструктуры сохраняется при сельскохозяйственном освоении почв. Исключение составляют черноземы выщелоченные, использование которых в пашне приводит к количественному изменению микроструктурной организации твердой фазы, сопровождающееся уменьшением доли истинных микроагрегатов на 15% и снижением коэффициента общей агрегированности на 5-7%.

#### **4.4. Структурный состав**

Структурный состав характеризует более высокий и сложный агрегатный уровень организации почв. Он является проявлением сущности протекающих в них процессов, критерием плодородия почв или их деградации. Качественная оценка структурного состояния 0-70 см слоя черноземов по содержанию в них агрегатов агрономически ценных фракций (АЦФ) размером 10-0,25 мм указывает на отличную и хорошую оструктуренность подтипов черноземов, функционирующих под естественной растительностью и на пашне (65-88%) (рис.3). Отличная и хорошая оструктуренность темно-серых и серых лесных почв под лесом (86-52%) сменяется на неудовлетворительную в условиях агроценозов. Снижение агрономически ценных фракций до неудовлетворительного уровня обнаружено в слое 0-30 см подтипов пахотных серых лесных почв (31-41%).

Сравнение результатов анализов, проведенное в выборках для 0-20 см слоя почв, показывает, что в освоенном черноземе выщелоченном по сравнению с этими почвами в естественном состоянии отмечается небольшое статистически не значимое уменьшение количества агрономически ценной фракции (табл. 1).

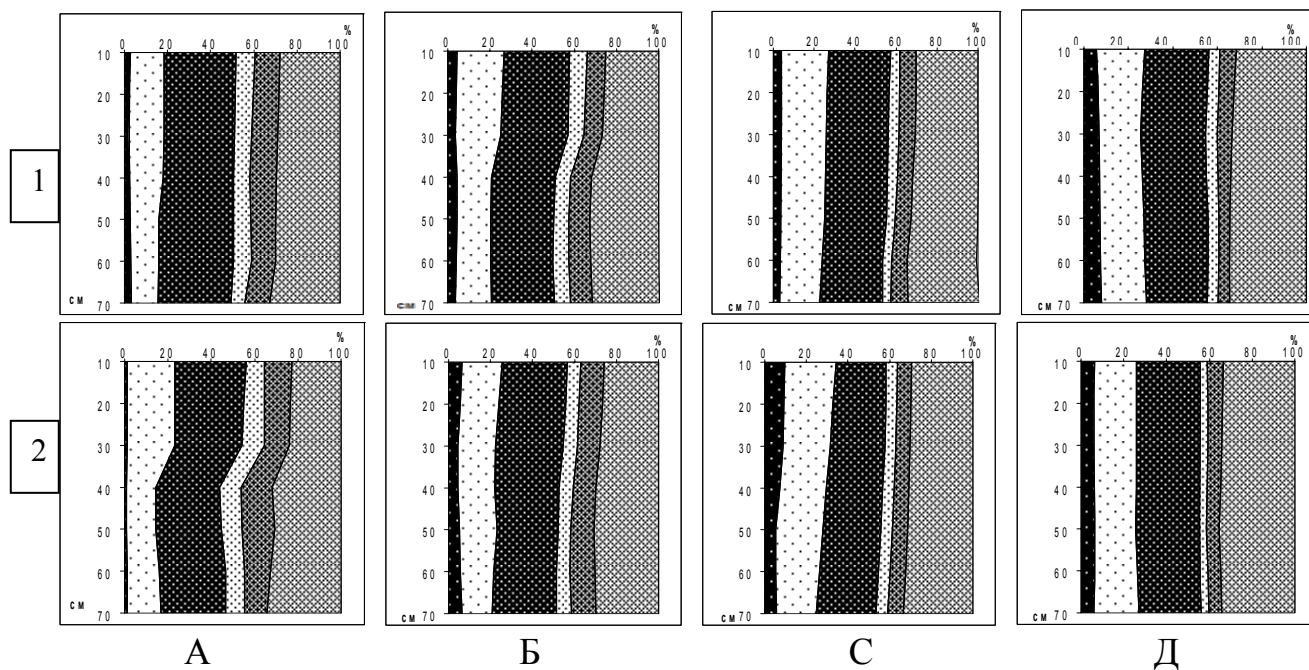


Рис 1 - Гранулометрический состав черноземов выщелоченных (А), черноземов обыкновенных (Б), темно-серых лесных (С) и серых лесных почв (Д) ненарушенных (1) и пахотных (2),% : 1 – 1-0,25 мм; 2 – 0,25-0,05 мм; 3 – 0,05-0,01 мм; 4 – 0,01-0,005 мм; 5 – 0,005-0,001 мм; 6 - <0,001 мм

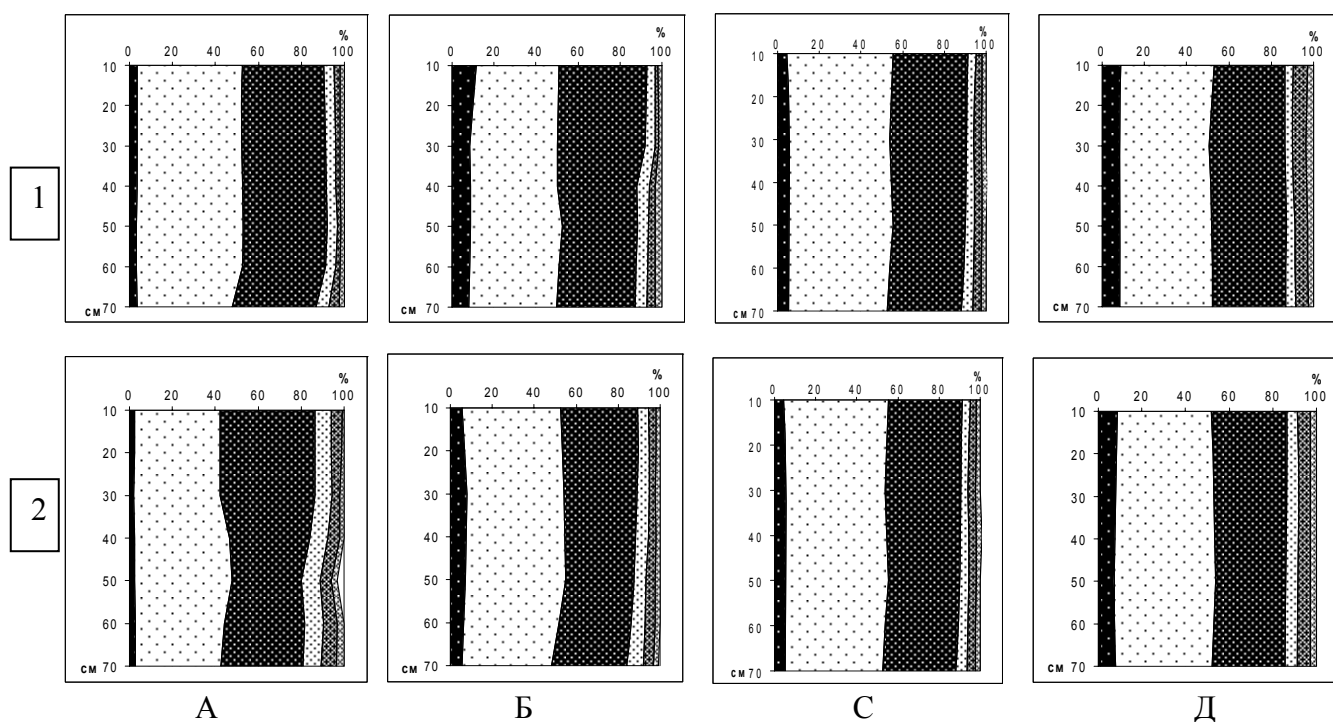


Рис 2 - Микроагрегатный состав черноземов выщелоченных (А), черноземов обыкновенных (Б), темно-серых лесных (С) и серых лесных почв (Д) ненарушенных (1) и пахотных (2),% : 1 – 1-0,25 мм; 2 – 0,25-0,05 мм; 3 – 0,05-0,01 мм; 4 – 0,01-0,005 мм; 5 – 0,005-0,001 мм; 6 - <0,001 мм

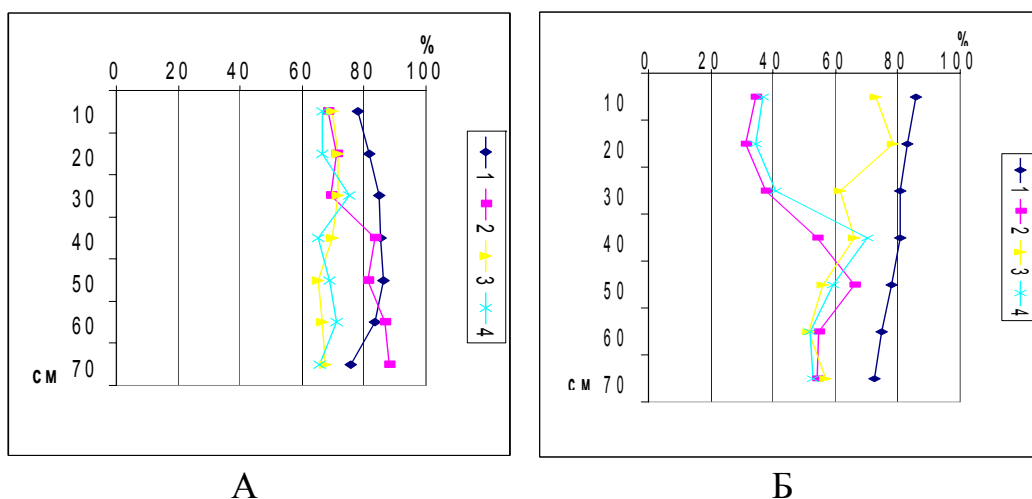


Рис 3 - Содержание агрономически ценной фракции (%) макроагрегатов в черноземах (А): 1 – чернозем выщелоченный (целина, n=4), 2 – чернозем выщелоченный (пашня, n=8), 3 – чернозем обыкновенный (целина, n=6), 4 – чернозем обыкновенный (пашня, n=9) и серых лесных почвах (Б): 1- темно-серая лесная (лес, n=4), 2- темно-серая лесная (пашня, n=5), 3 – серая лесная (лес, n=3), 4 – серая лесная (пашня, n=6)

Черноземы выщелоченные Красноярской лесостепи, обладая отличной оструктуренностью в ненарушенном состоянии, сохраняют её в условиях сельскохозяйственного использования. Черноземы обыкновенные на пашне теряют 15% агрономически ценных агрегатов, но остаются хорошо оструктуренными. Установлена небольшая и незначительная изменчивость АЦФ в ненарушенных почвах и в пахотных черноземах выщелоченных ( $V = 4-16\%$ ). Высокая глубистость черноземов обыкновенных сопровождается средней изменчивостью фракций агрономически ценного размера ( $V = 39\%$ ).

**Таблица 1 - Статистические параметры структурного состава целинных и пахотных черноземов (0-20 см), %**

Статистические параметры	Чернозем выщелоченный		Чернозем обыкновенный	
	целина (n=24)	пашня (n=58)	целина (n=20)	пашня (n=45)
X	79,8	74,5	<b>70,5</b>	<b>55,6</b>
F	1,4		8,6	
F <sub>0,05</sub>	2,6		2,3	
t	1,96		4,41	
t <sub>0,05</sub>	1,98		2,01	

Здесь и далее: F – расчетное распределение Фишера, F<sub>0,05</sub> – критическое распределение с доверительной вероятностью P = 0,95; t – расчетное распределение Стьюдента; t<sub>0,05</sub> – критическое значение распределения с доверительной вероятностью P = 0,95. Выделенные значения различаются достоверно с вероятностью P = 0,95

Среднестатистический структурный состав темно-серых и серых лесных почв характеризуется как отлично выраженный (88-77%) с незначительной величиной варьирования АЦФ ( $V = 4-7\%$ ). В распаханых

почвах отмечается снижение агрономически ценных фракций на 54-40 % с высоким и средним их варьированием в представленной выборке ( $V = 52-30\%$ ). При статистическом сравнении ненарушенных и вовлеченных в сельскохозяйственное использование подтипов серых лесных почв доказана разница в содержании агрономически ценных фракций (табл. 2).

**Таблица 2 - Статистические параметры структурного состава ненарушенных и пахотных серых лесных почв (0-20 см), %**

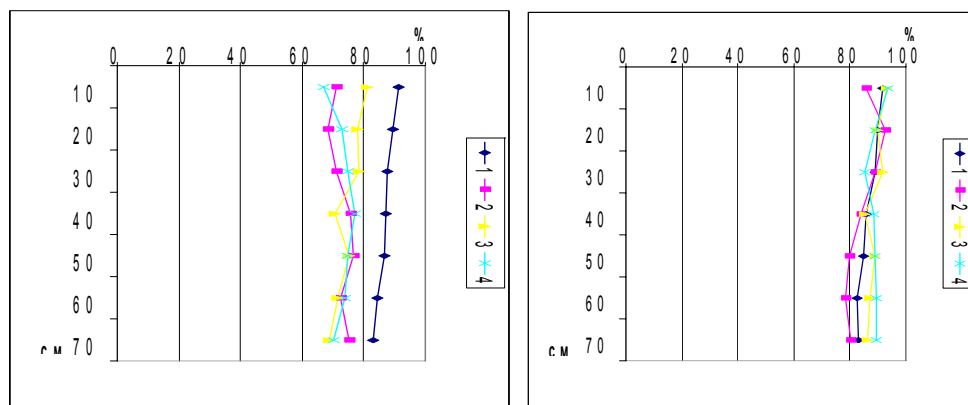
Статистические параметры	Темно-серая лесная		Серая лесная	
	лес (n=20)	пашня (n=36)	лес (n=20)	пашня (n=48)
X	<b>87,7</b>	<b>33,3</b>	<b>76,7</b>	<b>36,9</b>
F	24,3		3,8	
F <sub>0,05</sub>	1,8		2,5	
t	18,13		19,90	
t <sub>0,05</sub>	2,01		2,01	

Сравнение структурного состава по содержанию агрономически ценных фракций между подтипами черноземов и серых лесных почв показало, что ненарушенные почвы достоверно различаются между собой. Исключение составляют черноземы выщелоченные и серые лесные почвы, имеющие близкие количественные оценки структурного состава. После ранжировки средних величин АЦФ установлен следующий ряд подтипов зональных почв Красноярской лесостепи: темно-серые лесные (87,7%) > черноземы выщелоченные (79,8%) > серые лесные (76,7%) > черноземы обыкновенные (70,5%). Незначимые различия по структурному составу среди пахотных почв наблюдаются только между подтипами серых лесных почв. Почвы на пашне по содержанию агрегатов агрономически ценного размера распределяются в следующий убывающий ряд: черноземы выщелоченные (74,9%) > черноземы обыкновенные (55,6%) > серые лесные (36,9%) > темно-серые лесные (33,3%). Полученные закономерности позволяют сделать вывод о том, что сельскохозяйственное использование серых и темно-серых лесных почв выравнивает (нивелирует) структурный состав их пахотных горизонтов.

Таким образом, устойчивость гумусово-аккумулятивных горизонтов ненарушенных почв на уровне типа и подтипа выше по сравнению с пахотными. В пахотных горизонтах устойчивое структурное состояние с оптимальными параметрами сохраняется в черноземах выщелоченных и обыкновенных. Серые лесные почвы, имеющие низкое содержание агрономически ценных агрегатов (33-37%) в пахотном слое, отличаются неудовлетворительной оценкой и характеризуются как неустойчивые. Такое структурное состояние является критическим и его восстановление уже не возможно в течение вегетационного периода. Отсутствие способности к переагрегации почвенной массы пахотных горизонтов серых лесных почв обусловлено особенностями их гранулометрического и минералогического состава.

#### 4.5. Агрегатный состав

Качественная оценка агрегатного состава, выражающаяся в сумме водопрочных агрегатов  $>0,25$  мм (ВА), указывает на отличную и хорошую оструктуренность профилей целинных и пахотных черноземов (91-68%) (рис.4).



А

Б

Рис 4 - Содержание водопрочных (%) макроагрегатов в черноземах (А): 1 – чернозем выщелоченный (целина, n=4), 2 – чернозем выщелоченный (пашня, n=8), 3 – чернозем обыкновенный (целина, n=6), 4 – чернозем обыкновенный (пашня, n=9) и серых лесных почвах (Б): 1- темно-серая лесная (лес, n=4), 2- темно-серая лесная (пашня, n=5), 3 – серая лесная (лес, n=3), 4 – серая лесная (пашня, n=6)

Статистические параметры содержания водопрочных агрегатов, определенные в выборках для 0-20 см слоя почв, подтверждают отличную оструктуренность целинных черноземов выщелоченных и существенные потери водопрочности структуры на 22% в пахотных аналогах (табл. 3). При этом показатели их агрегатного состава не выходят за гипотетически оптимальные пределы. Снижение водопрочности структуры в данном подтипе сопряжено с обезыливанием и разрушением микроагрегатного состава почв. Черноземы обыкновенные на целине содержат меньше водопрочных агрегатов (81%), чем выщелоченные, но также являются отлично оструктуренными. В агрегатном составе обрабатываемых почв наблюдается небольшое (3%) снижение водоустойчивости. Высокую водопрочность агрегатов в черноземах обыкновенных пашни предопределила глыбистая структура пахотных горизонтов.

Агрегатный состав черноземов, в отличие от структурного, обладает меньшей изменчивостью. Коэффициент варьирования содержания водопрочных агрегатов в целинных почвах не значительный. Его величина не превышает 7%. В пахотных почвах варьирование небольшое (V=11%).

**Таблица 3 - Статистические параметры агрегатного состава целинных и пахотных черноземов (0-20 см), %**

Статистические параметры	Чернозем выщелоченный		Чернозем обыкновенный	
	целина (n=24)	пашня (n=58)	целина (n=20)	пашня (n=45)
X	<b>92,8</b>	<b>71,0</b>	80,5	78,0
F	1,8		2,2	
F <sub>0,05</sub>	2,5		4,9	
t	5,89		0,93	
t <sub>0,05</sub>	2,04		2,01	

При статистическом сравнении целинных и пахотных почв доказана разница в содержании водопрочных агрегатов только для черноземов выщелоченных. Для черноземов обыкновенных различия статистически не значимы.

Серые лесные почвы по агрегатному составу близки между собой. Содержание водопрочных агрегатов, не зависимо от подтипа почвы и характера её использования, составляет более 80%. На пашне отмечено снижение водоустойчивости агрегатов на 2-3%. Агрегатный состав почв леса и пашни является незначительно варьирующим признаком (V = 2-8%). При статистическом сравнении почв лесных массивов и пашни не доказана разница в содержании водопрочных агрегатов в подтипах серых лесных почв (табл. 4).

**Таблица 4 - Статистические параметры агрегатного состава ненарушенных и пахотных серых лесных почв (0-20 см), %**

Статистические параметры	Темно-серая лесная		Серая лесная	
	лес (n=20)	пашня (n=36)	лес (n=20)	пашня (n=48)
X	91,3	89,2	91,1	87,8
F	12,6		3,4	
F <sub>0,05</sub>	1,8		2,5	
t	1,64		1,34	
t <sub>0,05</sub>	2,01		2,01	

Исследуемые ненарушенные подтипы почв не всегда достоверно различаются между собой по сумме водопрочных агрегатов. Целинные черноземы выщелоченные и обыкновенные существенно разнятся по уровню агрегированности. Достоверные различия обнаружены между черноземами обыкновенными и подтипами серых лесных почв. Темно-серые лесные и серые лесные почвы, а также черноземы выщелоченные луговых фитоценозов обладают близким агрегатным составом (91-93%). Таким образом, ненарушенные зональные почвы Красноярской лесостепи распределяются по уровню агрегированности в следующий ряд: черноземы выщелоченные (92,8%) > темно-серые лесные (91,3%) > серые лесные (91,1%) > черноземы обыкновенные (80,5%). Агрегатный состав пахотных почв достоверно различается. Близкими значениями водопрочности структуры обладают только подтипы серых лесных почв (88-89%). Между

ними и подтипами черноземов, а также между черноземами выщелоченными и обыкновенными наблюдаются значимые различия по сумме водопрочных агрегатов. Почвы агроценозов по агрегатному составу ранжируются в ряд: темно-серые лесные (89,2%) > серые лесные (87,8%) > черноземы обыкновенные (78,0%) > черноземы выщелоченные (71,0%).

## Глава 5. Пространственно-временная изменчивость агрофизических свойств черноземов и серых лесных почв

### 5.1. Сезонная динамика структурно-агрегатного состава и плотности сложения в целинных и пахотных черноземах

Исследования сезонной динамики агрофизических показателей, проведены на черноземах обыкновенных, сформированных на лессовидных суглинках в агроценозах ячменя, пшеницы, паровом поле и луговом фитоценозе. Они показали, что неравномерное увлажнение летних месяцев 2001г. обусловило среднее варьирование содержания АЦФ в агроценозе ячменя ( $V = 21\%$ ,  $r = 0,81$ ) при хорошем и удовлетворительном уровне оструктуренности (рис.5).

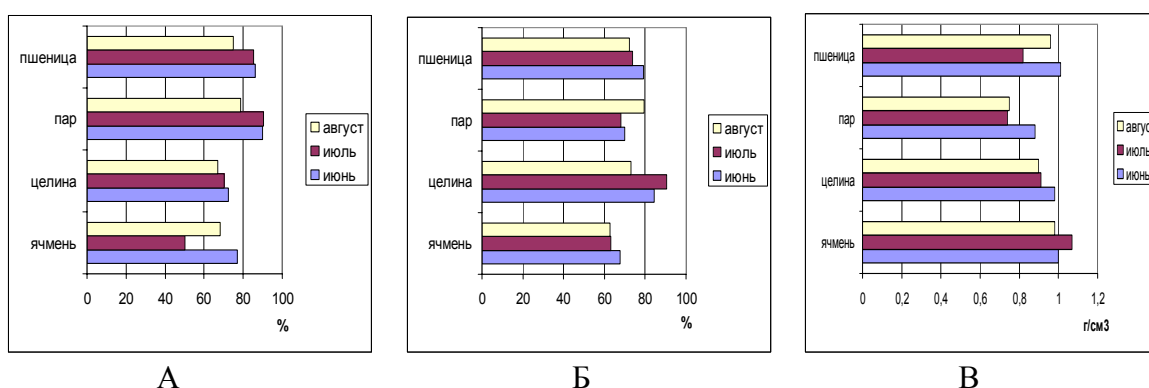


Рис 5 - Динамика содержания агрономически ценных фракций (А), водопрочных агрегатов (Б) и плотности сложения (В) на целине и в агроценозах (2001-2002 г.г., 0-20 см)

Изменения структурного состава в течение вегетационного сезона 2002г. в агроценозе пшеницы, паровом поле и луговом фитоценозе имеет схожий характер при незначительной вариабельности показателя ( $V=4-8\%$ ) и соответствует отличному и хорошему состоянию. Сезонная динамика водостойчивости агрегатов в почве целины и агроценозов также соответствует хорошей и отличной оструктуренности при незначительной их изменчивости ( $V=4-11\%$ ). Динамические изменения плотности при оптимальных значениях ( $0,7-1,1 \text{ г/см}^3$ ) в условиях естественного сложения и в пахотных почвах позволяют их оценивать как благоприятные. Таким образом, качественная оценка и сезонный ритм структурно-агрегатного состава и плотности сложения в течение вегетационного сезона указывает на отсутствие процессов физической деградации почв.

## 5.2. Влияние рельефа на изменчивость агрофизических свойств черноземов

Установление пространственного варьирования агрофизических свойств черноземов с учетом рельефа местности реализовалось на трансектах, отличающихся по характеру мезо- и микрорельефа. Сложение пахотного слоя чернозема выщелоченного на бугристом трансекте находится в интервале оптимальных значений ( $0,9-1,1 \text{ г/см}^3$ ) (табл. 5). Чернозем обыкновенный на выровненном участке отличается пониженной плотностью ( $0,7-0,8 \text{ г/см}^3$ ), что обусловлено частыми механическими обработками парового поля. Выявлено незначительное варьирование этого показателя в пространстве ( $V = 9-3\%$ ). Структурный состав не зависимо от рельефа поля оценивается как отличный ( $73-75\%$ ) с небольшим и незначительным варьированием содержания фракций агрономически ценного размера ( $V = 11-6\%$ ). Агрегатный состав почв трансект отличается стабильностью ( $V = 6-8\%$ ) и высокой водопрочностью структуры в целом ( $73-76\%$ ).

**Таблица 5 - Статистические характеристики агрофизических свойств черноземов по формам рельефа (0-20 см, n = 21)**

Показатель	$X$	$S$	$min$	$max$	$min-max$	$V, \%$	$A$	$E$
<i>бугристый</i>								
Влажность, %	18,0	2,8	14,7	22,3	7,7	16	0,8	-0,7
Плотность сложения, $\text{г/см}^3$	1,03	0,09	0,88	1,13	0,25	9	-0,6	-0,3
Структурный состав, %	72,5	7,9	61,8	84,6	22,9	11	0,2	-0,6
Агрегатный состав, %	73,0	4,9	65,0	79,0	14,0	8	-0,7	-0,5
<i>выровненный</i>								
Влажность, %	30,5	1,4	28,8	32,5	3,7	5	0,2	-1,5
Плотность сложения, $\text{г/см}^3$	0,73	0,02	0,71	0,76	0,05	3	0,3	-1,1
Структурный состав, %	75,1	4,8	67,5	80,3	12,8	6	0,8	-0,9
Агрегатный состав, %	76,4	4,8	68,1	83,5	15,4	6	0,5	1,3

Здесь и далее:  $X$  – среднее арифметическое;  $S$  – стандартное отклонение;  $min$ ,  $max$  – предельные значения;  $min-max$  – интервал варьирования;  $V$  – коэффициент вариации,  $A$  – коэффициент асимметрии;  $E$  – коэффициент эксцесса; \* - статистически значимые коэффициенты

Незначительная и небольшая изменчивость агрофизических свойств сопровождается статистически незначимой асимметрией и эксцессивностью распределения. Таким образом, исследуемые почвенные ареалы достаточно однородны. Это позволяет считать агрофизические свойства лесостепных



черноземов по параметрам изменчивости как устойчивые и представляющие длительный продукт почвообразования.

### 5.3. Пространственное варьирование структурно-агрегатного состава черноземов и серых лесных почв в предельно однородных условиях почвообразования

Варьирование структурно-агрегатного состава изучалось на черноземах выщелоченных легкоглинистых (0-20 см) и серых лесных почвах тяжелосуглинистого гранулометрического состава (0-20; 20-40 см), освоенных в пашню в 1969 году из под березово-соснового леса. Изучаемые элементарные вариационные ареалы почв (ЭВАП) сформировались в пределах одной биоклиматической провинции в однородных литолого-геоморфологических условиях (плоская геологически однородная поверхность). В таких условиях ни геолого-геоморфологические факторы, ни тем более, макроклиматические не могут служить причиной пестроты агрофизических свойств.

Исследуемые элементарные вариационные ареалы почв образуют две изолированные подсистемы и статистически различаются между собой ( $p < 0,001$ ) (рис.6).

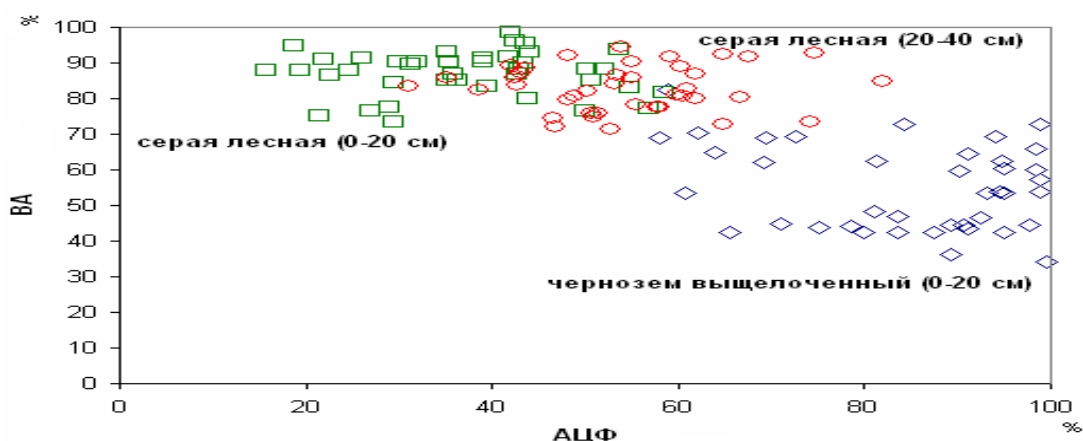


Рис 6 - Распределение структурно-агрегатного состав почв в пространстве ( $n = 40$ ), %

Структурно-агрегатный состав чернозема выщелоченного образует подсистему, сочетающую хорошую и отличную оструктуренность по содержанию АЦФ с водопрочностью агрегатов от неудовлетворительного до отличного уровня. Серые лесные почвы агроценозов характеризуются иным пространственным распределением структурных агрегатов. Агрегатный состав серой лесной почвы в пахотных и подпахотных слоях схож между собой и характеризуется высоким уровнем водопрочности. Структурный состав пахотного и подпахотного слоя имеет разнокачественную оценку и статистически достоверно различается при уровне значимости  $p < 0,001$ .

Структурный состав чернозема выщелоченного по содержанию АЦФ варьирует в небольшой степени ( $V = 15\%$ ). Агрегатный состав в

элементарном вариационном ареале чернозема выщелоченного оценивается средней величиной изменчивости признака ( $V = 22\%$ ). Пахотные серые лесные почвы, по сравнению с черноземами, отличаются более высоким варьированием структурного состава. При тождественной оценке уровня варьирования, 0-20 см слой отличается более высоким коэффициентом изменчивости структурного состава ( $V = 30\%$ ). Агрегатный состав серой лесной почвы достаточно стабильный в пространстве ( $V = 7\%$ ). Выявлено, что для фракций структурно-агрегатного состава 3-1 мм характерно наличие повышенных «выбросов» в статистическом распределении, что отразилось в сильных положительных асимметрии и эксцессе. Описанные особенности распределения позволяют предположить, что эта фракция при агрогенном воздействии на почву является более трансформируемой. Итак, структурно-агрегатный состав элементарных вариационных ареалов черноземов и серых лесных почв обладает различной изменчивостью и характером пространственного распределения, что обусловлено факторами и условиями почвообразования исследуемых почв. В предельно однородных условиях почвообразования величина варьирования АЦФ и ВА не превышает 30%. Это позволяет судить об однородности пространственного распределения структурно-агрегатного состава в пределах ЭВАП.

#### **5.4 Оценка и изменение агрофизических показателей чернозема обыкновенного в полях севооборотов**

Полученные оценки агрофизического состояния пахотных черноземов Красноярского края не вызывают особых опасений. Абсолютное большинство почв имеют благоприятные для растений сложение и оструктуренность. На примере черноземов глинистых, сформированных на коричнево-бурых глинах и характеризующихся неудовлетворительными физико-химическими и физическими свойствами, определена роль полевых культур в создании благоприятного сложения и структурного состава пахотного слоя. Исследуемые почвы характеризуются слабой устойчивостью к уплотняющему воздействию и саморазуплотнению; формированием глыбистой структуры с высокой водопрочностью плотно-пористых агрегатов. Установлено, что сезонная изменчивость плотности сложения отличается незначительным и небольшим варьированием ( $V = 9-15\%$ ) (табл.6). Агрегатный состав чернозема обыкновенного характеризуется стабильностью ( $V = 3-9\%$ ). Структурный состав является более динамичным показателем ( $V = 16-46\%$ ). Его вариабельность от небольшого до высокого уровня зависит от возделываемой культуры и применяемой агротехники. Установлено, что оптимальное агрофизическое состояние почвы формируется в звене севооборота люцерна 2 г.п. – пшеница, пар сидератный – пшеница. При плотности пахотного слоя 1,10-1,13 г/см<sup>3</sup> здесь отмечено наибольшее содержание фракций агрегатов ценного размера (41-44%).

**Таблица 6 - Статистические параметры агрофизических свойств чернозема обыкновенного в полях звеньев севооборотов (2003-2004 гг., n=18)**

Звено севооборота	Слой, см	dv, г/см <sup>3</sup>		АЦФ, %		ВА, %	
		X	V	X	V	X	V
Люцерна 1 г.п.- люцерна 2 г.п.	0-20	1,33	13	40,2	23	84,0	4
	20-40	1,34	12	50,4	20	85,9	5
Люцерна 2.г.п. – пшеница	0-20	1,13	10	43,9	21	84,0	4
	20-40	1,23	12	50,0	16	83,6	3
Пар чистый – пшеница	0-20	1,10	15	33,6	20	83,1	3
	20-40	1,15	14	49,5	46	83,7	6
Пар сидератный – пшеница	0-20	1,10	15	40,7	21	84,1	3
	20-40	1,15	14	52,6	30	85,6	4
Пшеница - ячмень	0-20	1,17	9	36,1	43	86,6	3
	20-40	1,18	12	56,8	39	84,7	9
НСР <sub>05</sub>	0-20	0,10		6,4		F <sub>φ</sub> <F <sub>T</sub>	
	20-40	0,15		2,1		F <sub>φ</sub> <F <sub>T</sub>	

### 5.5 Влияние удобрений на агрофизические свойства черноземов и серых лесных почв

Влияние сельскохозяйственных приемов на свойства различных почв неодинаково и в значительной мере определяется типом почвообразования. Исследования, проведенные в полевых опытах на черноземе выщелоченном и темно-серой лесной почве, позволили оценить влияние удобрений на их агрофизическое состояние, складывающееся при возделывании яровой пшеницы в повторных посевах.

Полученные результаты позволяют заключить, что применение удобрений в различных дозах и соотношениях улучшает основные показатели физического состояния чернозема выщелоченного. Разуплотняющее их действие проявляется в год внесения удобрений. По вариантам опыта плотность сложения составила 0,90 – 0,93 г/см<sup>3</sup>, что на 0,07-0,04 г/см<sup>3</sup> меньше, чем на неудобренном фоне. Отличное структурное состояние сохраняется в течение двух вегетационных сезонов. Исключение составляет вариант с применением N<sub>52</sub>P<sub>20</sub>, где уплотнение почвы до 1,29 г/см<sup>3</sup> обусловило её повышенную глыбистость. Агрегирующий эффект проявляется в год внесения удобрений. Во второй вегетационный сезон к уборке пшеницы действие их ослабевает. В целом, характер и количественная оценка изменения агрофизических показателей при поступлении в почву разных удобрений близки между собой, что обусловлено хорошей гумусированностью и высоким классом обеспеченности элементами питания.

Темно-серые лесные почвы пашни, по сравнению с черноземами, отличаются сильным уплотнением (1,35 г/см<sup>3</sup>) с неудовлетворительной и

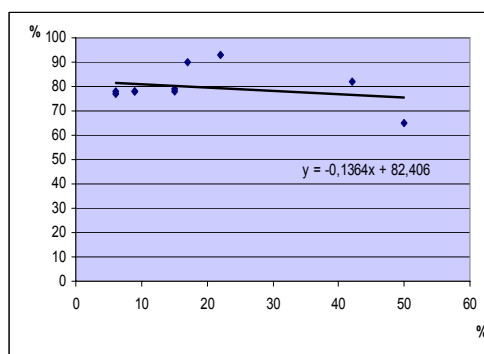
удовлетворительной структурой 0-20 см слоя (24-53%). Они по-иному реагируют на применяемые удобрения. Минеральные удобрения также не оказывают разуплотняющее и оструктуривающее действие на пахотный горизонт почвы. На фоне применения органических и органо-минеральных удобрений, не зависимо от их вида и дозы внесения, отмечено улучшение агрофизических показателей. Стабильное оптимизирующее действие на сложение и структурно-агрегатное состояние пахотного слоя выявлено при использовании птичьего помета в дозе эквивалентной  $N_{52}$  и коропометного компоста в дозе эквивалентной  $N_{26}$  совместно с минеральными удобрениями. Они обеспечивают сложение пахотного слоя на уровне 1,20-1,28 г/см<sup>3</sup> с удовлетворительной оструктуренностью (51 %) и отличной водопрочностью структурных агрегатов (82 %) в течение двух вегетационных сезонов.

Таким образом, органические и органо-минеральные удобрения поддерживают оптимальные агрофизические параметры черноземов выщелоченных и улучшают их в темно-серых лесных почвах региона.

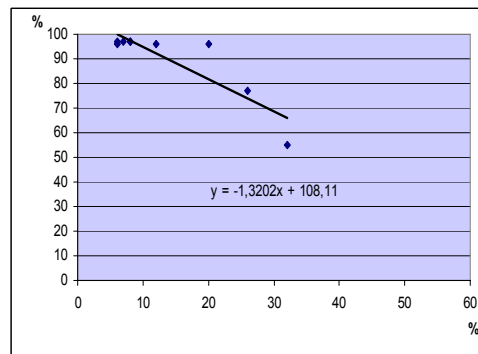
### **5.6. Изменение структурно-агрегатного состава черноземов в цикле увлажнения-иссушение**

Одним из основных факторов дестабилизации почвенной структуры в её сезонной динамике и пространственной изменчивости является степень увлажнения почвы. Исследованиями установлено, что оптимальная влажность структурообразования, при которой любые перемешивания и механические воздействия на почву ведут к образованию агрегатов, для исследуемых почв различна и лежит в интервале  $\leq ВРК$ . Для чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого оптимальный интервал влажности структурообразования составляет 22-17 %, для чернозема обыкновенного глинистого он более широкий – от 20 до 6 %. Корреляционно-регрессионный анализ позволил оценить влияние уровня влажности на изменение структурно-агрегатного состава почв. Установлено, что влажность в слабой степени контролирует уровень АЦФ в тяжелосуглинистом черноземе выщелоченном ( $r = -0,27$ ) (рис. 7). Это согласуется с результатами наших исследований, полученных в полевых опытах и на пробных площадях почв данного гранулометрического состава.

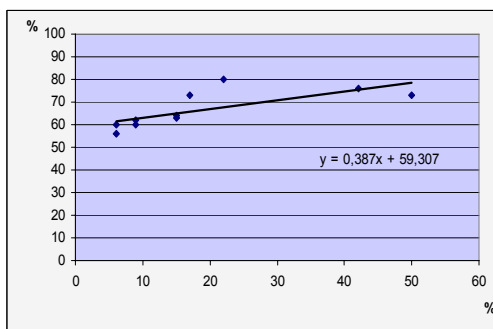
Утяжеление гранулометрического состава в черноземе обыкновенном сопровождается наиболее контрастными явлениями «набухания – усадки». Это определило отрицательную зависимость между изучаемыми показателями ( $r = -0,88$ ) и подтвердило усиление глыбообразования при высоком увлажнении глинистых почв. Соотнося содержание водостойчивых агрегатов  $>0,25$  мм с уровнем влажности, выявлено наличие существенных связей между ними. В тяжелосуглинистых и глинистых почвах увеличение влажности приводит к стабилизации водопрочности агрегатов ( $r = 0,75-0,87$ ). Несмотря на слабую зависимость содержания АЦФ с уровнем увлажнения, отдельные фракции структурного состава чернозема выщелоченного коррелируют с влагой в сильной степени.



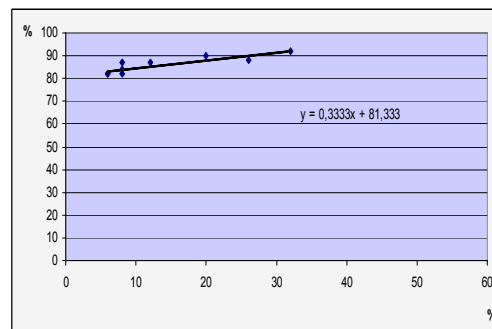
А



Б



В



Г

Рис 7 - Зависимость между влажностью и содержанием АЦФ в черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом (А), черноземе обыкновенном глинистом (Б); между влажностью и содержанием ВА в черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом (В), черноземе обыкновенном глинистом (Г)

Таким образом, моделирование цикла «увлажнение – иссушение» подтверждает, что процессы образования и динамики структурных и водопрочных агрегатов подчинены режиму влажности почвы. Степень и направленность её участия определяются гранулометрическим составом почв.

## Глава 6. Органическое вещество и его роль в структурообразовании

### 6.1. Теоретические аспекты проблемы

Согласно современным научным взглядам, развитие почвенной структуры регулируется не только уровнем содержания органического вещества, но и его качественным составом [Вильямс, 1935; Антипов-Каратаев и др., 1948; Качинский и др., 1950; Рудаков, 1951; Heinonen, 1955; Келлерман, 1959; Edwards, Bremner, 1967; Шаймухаметов, 1974; Гедройц, 1975; Манаенков, Зубкова, Карпачевский, 1977; Hamblin, 1977; Воронин, 1984; Elliot, 1986; Кузнецова, 1996; Зубкова, 1998; Хайдапова и др., 2003; Ганина и др., 2003; Куваева, 2004; Травникова и др., 2004, 2006; Безуглова, Юдина, 2006 и др.]. Восстановление почвенной структуры происходит главным образом под влиянием гумусовых веществ, образующихся в

процессе гумификации свежего органического вещества. Однако участие лабильных гумусовых веществ в образовании агрономически ценной структуры еще недостаточно изучено и оценивается неоднозначно [Yamana, Furua, 1982; Chaney, Swift, 1984; Boyle, Frankenberger, Stolzy, 1989; Волокитин и др., 1997; Johnston, Tombacz, 2002; Laird, Sawhney, 2002; Шейн, 2003; Милановский, 2003, 2004; Масютенко и др., 2004 и др.].

## 6.2. Структурообразующая роль гумусовых веществ и их подвижной фракции в черноземах и серых лесных почвах

### 6.2.1. Состав гумусовых веществ в ненарушенных и пахотных почвах

Распределение углерода гумуса в толще почвы, в общих чертах характеризующий гумусовый профиль, указывает на значительную его аккумуляцию в 0-60 см слое целинных черноземов выщелоченных. Среднестатистические данные свидетельствуют о постепенном снижении гумуса в зоне накопления от 5658 до 3419 мгС/100г (рис.8). В почвах агроценозов отмечена тенденция уменьшения мощности гумусового профиля в слое 0-40 см на 1649-516 мгС/100г.

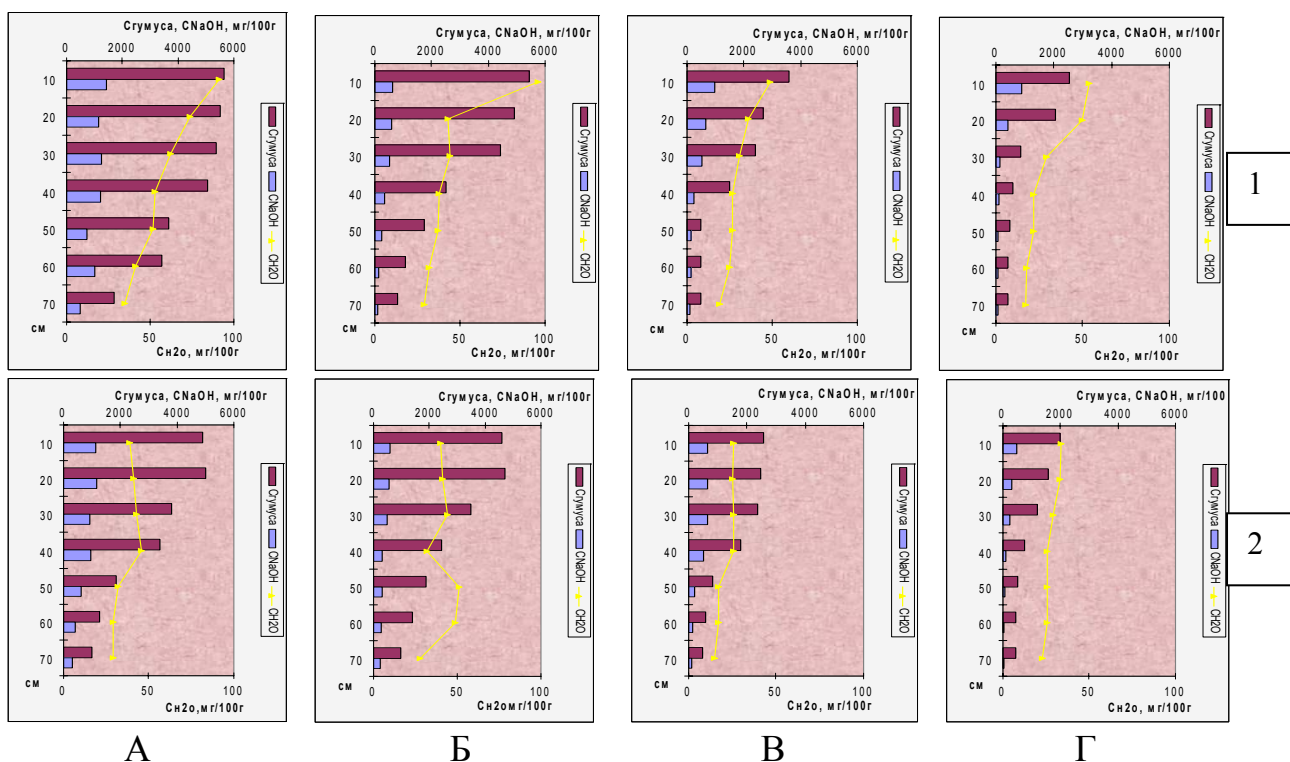


Рис 8 – Содержание гумусовых веществ в ненарушенных (1) и пахотных (2) черноземах выщелоченных (А), черноземах обыкновенных (Б), темно-серых лесных (В) и серых лесных (Г) почвах

Снижение интенсивности микробиологических процессов в обыкновенных черноземах, по сравнению с выщелоченными подтипами, приводит к меньшему содержанию Сгумуса и Спов. Основные запасы гумуса сосредоточены в 0-30 см слое этих почв (5453-3476 мгС/100г). Черноземам обыкновенным свойственно более резкое снижение содержания гумуса вниз по профилю. Пахотный слой накапливает на 958-208 мгС/100г меньше Сгумуса, чем гумусово-аккумулятивный горизонт целинных почв.

Ненарушенные темно-серые лесные почвы характеризуются средним содержанием гумуса в 0-30 см слое (3600-2400 мгС/100г) и резким его падением с глубиной. Максимальная концентрация щелоче- и водорастворимых гумусовых веществ, достигающая 969 и 49 мгС/100г почвы соответственно, приходится на поверхностный 0-10 см слой. Профиль темно-серых лесных почв отличается постепенным снижением с глубиной подвижных гумусовых соединений. Для собственно серых лесных почв, не вовлеченных в сельскохозяйственное использование, характерен небольшой мощности гумусовый горизонт с концентрацией Сгумуса, не превышающей в 0-20 см слое 2547-2055 мгС/100г. Преобразование лесных участков в сельскохозяйственные угодья сопровождается изменением гумусного состояния серых лесных почв. Характер его трансформации обнаруживает сходство между исследованными подтипами. Если в пахотных черноземах отмечается тенденция к снижению мощности гумусового профиля, то в серых лесных почвах распределение гумуса и его подвижных компонентов становится более равномерным.

Выполненные исследования позволяют количественно оценить запасы углерода в компонентах гумуса черноземов и серых лесных почв Красноярской лесостепи. Выборки значений по запасам углерода в подтипах почв различного характера использования (целина-пашня, лес-пашня) представлены для 0-20 см слоя почв. Результаты показывают, что в гумусе этих почв преобладают соединения, составляющие фонд стабильного гумуса. В черноземах они составляют 76-84%, в серых лесных почвах 73-77% от запасов Сгумуса. Подвижные гумусовые вещества, переходящие в жидкую фазу, имеют невысокую долю: 24-17% в черноземах и 27-23% в серых лесных почвах. В составе ПОВ доминируют молодые гумусовые кислоты, извлекаемые щелочным гидролизатом. Доля водорастворимых соединений невелика (1-2%). Таким образом, показатели гумусного состояния черноземов по сравнению с серыми лесными почвами отличаются большей устойчивостью, что объясняется более высокой степенью гумификации органического вещества черноземов.

Исследованиями установлено, что запасы Сгумуса постепенно уменьшаются в ряду ненарушенных почв: черноземы выщелоченные > черноземы обыкновенные > темно-серые лесные > серые лесные почвы. По запасам подвижных гумусовых веществ почвы распределяются в следующий убывающий ряд: черноземы выщелоченные > темно-серые лесные > черноземы обыкновенные > серые лесные почвы. Запасы Сгумуса в черноземах выщелоченных и обыкновенных при вовлечении в пашню

снижаются на 31%. В пахотных темно-серых и серых лесных почвах снижение запасов гумуса относительно ненарушенных почв составляет 18 %. Изменение количества подвижных компонентов гумуса составляют в черноземах 30-45%, в серых лесных почвах – 20-29%.

Таким образом, относительные потери гумуса выше в черноземах, чем в серых лесных почвах. Снижение запасов гумуса в пахотных почвах в основном происходит за счет уменьшения легкоминерализуемого органического вещества – непосредственного источника энергии, элементов питания и образования устойчивых гумусовых веществ.

### **6.2.2. Состав гумусовых веществ в водопрочных и нестойких агрегатах**

В зональном ряду ненарушенных и пахотных почв была предпринята попытка раскрыть сложный механизм агрегирования. На наш взгляд, важным представляется поиск особенностей состава гумусовых веществ агрегатов, определяющих качество структуры. В выделенных нестойких <0,25 мм и водопрочных >0,25 мм агрегатах определили содержание Сгумуса и его подвижных компонентов.

Исследованиями установлено, что водопрочность структуры черноземов и серых лесных почв обусловлена качественным составом гумуса и в большей степени его подвижными компонентами. В целинных и пахотных черноземах выщелоченных водопрочность структуры определяется стабильной частью гумуса, а также водорастворимыми соединениями и подвижными фульвокислотами. Процесс агрегирования неосвоенных черноземов обыкновенных идет с участием  $C_{H_2O}$  и Сфк. В условиях пашни щелочегидролизующие соединения и гуминовые кислоты в их составе участвуют в оформлении почвенных частиц в водопрочные агрегаты. Ненарушенные и обрабатываемые серые лесные почвы характеризуются близкими значениями фиксации гумусовых веществ на поверхности фракции <0,25 мм и водостойчивой >0,25 мм. Исключение составляют собственно серые лесные почвы под естественной растительностью, где зафиксирована концентрация фульвокислотных соединений в водопрочных агрегатах и темно-серые лесные почвы пашни с накоплением в них  $C_{H_2O}$ . Это позволяет заключить, что состав гумусовых веществ водопрочных и нестойких агрегатов определяется типовыми и подтиповыми особенностями почв, и экологическими условиями их функционирования. Отсутствие существенных потерь водостойчивыми агрегатами подвижного гумуса является фактором стабилизации качества структуры почв Красноярской лесостепи.



### 6.3. Гумусовые вещества в пространственно-временной изменчивости агрофизических свойств черноземов

#### 6.3.1. Участие гумусовых веществ в формировании агрофизических свойств

Динамика агрофизических параметров черноземов обыкновенных определяется сезонным ритмом гумусовых веществ. Их роль в процессе формирования структурных и водопрочных агрегатов, изменчивости плотности сложения проявляется неоднозначно, что обусловлено различиями в экологических условиях фито- и агроценозов. В полученных нами уравнениях регрессии представлены стандартизированные коэффициенты регрессии, показывающие степень и направленность влияния компонентов гумусовых веществ на вариацию резульативного признака. Например, в стандартизированном масштабе уравнение регрессии для 0-20 см слоя чернозема обыкновенного в агроценозе ячменя имеет вид:

$$АЦФ = - 0,083(C_{гумуса}) - 0,488(C_{H_2O}) + 0,266(C_{NaOH}) + 0,099(C_{гк}) + 0,868(C_{фк}), \text{ при } R = 0,683; R^2 = 0,466; p = 0,136;$$

$$ВА^* = - 0,387(C_{гумуса}) + 0,767(C_{H_2O}) - 0,283(C_{NaOH}) - 0,569(C_{гк}) - 0,090(C_{фк}), \text{ при } R = 0,723; R^2 = 0,523; p = 0,048;$$

$$d_v = - 0,313(C_{гумуса}) - 0,867(C_{H_2O}) + 0,406(C_{NaOH}) + 0,602(C_{гк}) + 0,151(C_{фк}), \text{ при } R = 0,441; R^2 = 0,195; p = 0,710,$$

где АЦФ – динамика агрегатов агрономически ценного размера, %;

ВА – динамика водопрочных агрегатов, %;

$d_v$  – динамика плотности сложения, г/см<sup>3</sup>;

R – коэффициент множественной регрессии;

R<sup>2</sup> – коэффициент множественной детерминации;

p – уровень значимости уравнения регрессии;

\* - достоверный уровень значимости уравнения регрессии.

Оно показывает, что сезонная динамика водопрочности почвенных агрегатов чернозема обыкновенного в агроценозе ячменя достоверно определяется гумусовыми веществами и находится в прямой зависимости от водорастворимого гумуса. Значительный вклад в динамику водопрочности вносят гуминовые кислоты, извлекаемые щелочным гидролизатом.

Гумусовые вещества на 62-74% определяют ход динамики водопрочных агрегатов и сложения гумусово-аккумулятивного горизонта почвы лугового фитоценоза. Молодые гуминовые кислоты, являясь микробиологически устойчивыми гидрофобными компонентами почвы, здесь обладают склеивающей способностью.

Характер изменения агрегатов агрономически ценного размера и значений плотности сложения пахотного слоя парового поля в течение вегетационного сезона с высокой долей вероятности ( $p < 0,004$ ) определяется подвижными фульвокислотами. Наряду с водорастворимым гумусом эта фракция может играть существенную роль в насыщении гумусовых веществ функциональными группами, создающими периферические элементы для образования гетерополярных органо-минеральных соединений. Уравнением

регрессии также доказывается разуплотняющее действие стабильного гумуса на почву парового поля.

До 76-63% изменчивости АЦФ и плотности сложения почвы в посевах пшеницы, статистически устойчиво связано с гумусовыми веществами. Снижение содержания Сгумуса приводит к усилению глыбообразования в пахотном слое. Гумусовые вещества, извлекаемые 0,1 н NaOH, наоборот, оказывают прямое положительное воздействие на формирование структурных агрегатов агрономически ценного размера. Сложение пахотного слоя в агроценозе пшеницы контролируется подвижными гуминовыми кислотами.

Агрегация почвы в значительной мере зависит от сельскохозяйственной культуры и агротехники её возделывания. Исследованиями установлено, что при функционировании агроценоза люцерны в течение двух лет гумусовые вещества достоверно влияют на ход сезонной динамики сложения пахотного слоя. В слое почвы 20-40 см звена севооборота люцерна 1 г.п. – люцерна 2 г.п. уровень содержания агрегатов агрономически ценного размера с высокой долей вероятности определяется стабильными гумусовыми веществами и его подвижными компонентами.

При распашке поля с люцерной и использование его в качестве предшественника для пшеницы, в пахотном слое остается 60% фитомассы, что вызывает существенные изменения в составе гумуса и его подвижной части. Они выражаются в относительном увеличении Сгумуса на 10%,  $C_{H_2O}$  – на 31% и  $C_{NaOH}$  – на 21% и значимом вкладе гумусовых веществ в формировании агрегатов ценного размера ( $R = 0,79$ ) в пределах пахотного слоя. Водорастворимые и щелочегидролизующие вещества, образованные в процессе разложения фитомассы люцерны, обладают диспергирующим действием, снижающим водопрочность плотно-пористых структурных отдельностей. Действие гумусовых соединений на ход сезонной динамики агрофизических показателей в подпахотных слоях звена севооборота люцерна 2 г.п. – пшеница проявляется не существенно.

Возделывание и последующая запашка донникового сидерата в вегетационный сезон 2003 года обеспечивает максимальный уровень содержания гумуса в 0-20 см слое чернозема обыкновенного (3140 мгС/100г). В составе гумуса доля водо- и щелочегидролизующих соединений не высокая – 0,8-16% соответственно. Разложение донникового сидерата способствует увеличению Спов в вегетационный период 2004 года до 687 мгС/100г, что составляет 25% от гумуса почвы. Щелочегидролизующие соединения подвижного гумуса определяют формирование АЦФ в полях звена севооборота пар сидератный – пшеница и достоверно снижают сложение пахотного слоя. В подпахотном слое распад донникового сидерата влияет на ход сезонных изменений структурных отдельностей размером 10-0,25 мм и сложение почвы. Существенная доля превращений агрофизических показателей здесь связана с влиянием подвижных гумусовых соединений.

Стабильные и подвижные гумусовые вещества достоверно не определяют сезонные изменения структурно-агрегатного состава почвы в

звене севооборота пар чистый – пшеница, но воздействуют на динамические изменения плотности 0-20 см слоя. Соединения, гидролизуемые 0,1 н NaOH, оказывают значительное разуплотняющее действие на почву пахотного горизонта. В нижележащем 20-40 см слое они положительно, на достоверном уровне определяют содержание агрономически ценных фракций и оказывают такое же воздействие на плотность почвы.

Уравнение, описывающее уровни влияния компонентов гумусовых веществ, свидетельствует о благоприятном действии гумуса и его водорастворимых соединений на сложение пахотного слоя звена севооборота пшеница-ячмень. Для подпахотных слоев доказываемая существенная роль новообразованных гумусовых соединений 0,1 н NaOH-вытяжки в разуплотняющем действии и формировании агрегатов ценного размера в течение двух вегетационных сезонов.

### 6.3.2. Гумусовые вещества в пространственной изменчивости агрофизических свойств

Гумусовые вещества, как фактор пространственного распределения структурных и водоустойчивых агрегатов, играют роль только в условиях бугристого рельефа поля. Неоднородность распределения гумусовых веществ по элементам бугристого рельефа, обусловленная биоклиматическим фактором, способствует усилению их вклада до 55-64% в агрофизическое состояние почвы. Заметим, что высокий уровень прямого влияния гумусовых веществ на содержание агрономически ценных и водопрочных агрегатов обнаруживается для соединений, гидролизуемых 0,1 н NaOH. Они являются адгезивом и осуществляют роль склеивания частиц и цементации их в агрегаты. Выровненный рельеф поля достоверно не определяет пространственную изменчивость структурно-агрегатного состава чернозема обыкновенного и его сложение.

Увеличение объема выборки до  $n = 40$  так же не доказывает прямой роли гумусовых соединений в пространственном распределении структурно-агрегатного состава чернозема выщелоченного в предельно однородных условиях почвообразования. При построении моделей нелинейной зависимости структурно-агрегатного состояния чернозема выщелоченного от уровня содержания гумусовых веществ в пределах ЭВАП применен метод сплайнов. С его использованием установлены интервалы содержания гумуса и его подвижных соединений, в пределах которых выявлена их достоверная связь с уровнем агрономически ценных и водопрочных агрегатов. Например, для содержания фракции агрономически ценного размера и гумуса эта зависимость описывается следующим криволинейным уравнением:

$$AЦФ = \begin{cases} 4E-10x^5 - 6E-06x^4 + 0,0404x^3 - 135,34x^2 + 226254x - 2E+0,8, \\ \text{при } R^2=1, \text{ если } 3090 \leq C_{\text{гумуса}} \leq 3590; \\ -2E-12x^6 + 4E-08x^5 - 0,0004x^4 + 1,8219x^3 - 5239,1x^2 + 8E+06x - \\ 5E+09, \text{ при } R^2=0,96, \text{ если } 3590 \leq C_{\text{гумуса}} \leq 4090; \\ 2E-14x^6 - 5E-10^5 + 6E-06x^4 - 0,0371x^3 + 127,57x^2 - 233929x + 2E+08, \\ \text{при } R^2=0,90, \text{ если } 4090 \leq C_{\text{гумуса}} \leq 5140. \end{cases}$$

Высокие коэффициенты детерминации в полученных моделях ( $R^2 = 0,87-1,00$ ) доказывают наличие нелинейной связи между гумусовыми веществами и структурно-агрегатным составом чернозема выщелоченного в предельно однородных условиях почвообразования. Таким образом, прямая взаимосвязь системы «гумусовые вещества – агрофизические свойства» на уровне пространственной изменчивости имеет место в условиях выраженного мезо- и микрорельефа и поддерживается притоком свежего органического вещества. Это подтверждается преимущественной ролью подвижных гумусовых соединений в процессах возникновения, развития, стабилизации и деградации структурных элементов в агрегатах. В предельно однородных условиях почвообразования связь в системе «гумусовые вещества - почвенная структура» носит нелинейный характер.

#### **6.4. Гумусовые вещества морфологически разнокачественных почвенных структур черноземов**

Для расширения знаний о структурообразовательной функции органического вещества почвы, оценки роли различных компонентов гумусовых веществ нами проведено исследование состава гумусовых веществ морфологически разнокачественных структурных агрегатов. Морфология структурной организации пахотных горизонтов подтипов черноземов имеет специфические особенности. В целом, для черноземов характерны округло-кубовидные структуры, обусловленные процессами гумусообразования и гумусонакопления. Пахотный слой чернозема обыкновенного при расसेве распадается на структурные отдельности нескольких порядков: V порядок – глыбистая, IV порядок – мелкоглыбистая, III порядок – зернистая, II порядок – пороховидная, I порядок – пылеватая. Чернозем выщелоченный имеет следующую структуру: V порядка – глыбистая, IV порядка – крупнокомковатая, III порядка – зернистая, II порядка – пороховидная, I порядка – пылеватая. Изучение гумусовых веществ в морфологических структурах показало, что чернозем обыкновенный отличается невысоким их содержанием (табл. 7). Гумусовые вещества в большей степени аккумулируются в тонких структурных агрегатах размером  $<3$  мм и представлены соединениями, составляющими фонд стабильного гумуса. Зернистая, пороховидная и пылеватая структура характеризуются близкими значениями  $S_{гумуса}$  (1840-2040 мгС/100г). Глыбистая структура накапливает меньше гумуса (1520 мгС/100г). Высокий уровень гумуса в черноземе выщелоченном не изменяет характер его накопления в морфологических агрегатах. Установлено, что пороховидная и пылеватая структура аккумулирует максимальное количество  $S_{гумуса}$  (4200-4253 мгС/100г). Крупнокомковатые и зернистые отдельности имеют схожие оценки и достоверно не различаются между собой. Максимальное содержание соединений, растворимых водой, зафиксировано в пылевой фракции чернозема обыкновенного глинистого (61 мгС/100г), минимальное – в зернистой (43 мгС/100г). Учитывая высокую трансформационную

способность водорастворимого гумуса и плотное сложение почвы, можно предположить, что рыхлоупакованные зернистые агрегаты, имеющие оптимальное соотношение воды и воздуха, усиливают его минерализацию и способствуют закреплению щелочногидролизуемых соединений. Значительная аккумуляция  $C_{NaOH}$  отмечена в зернистой структуре чернозема обыкновенного. При отличном структурном составе чернозема выщелоченного его морфологические структуры не различаются по фиксации водорастворимого гумуса, подвижных гуминовых и фульвокислот. Хотя зернистая и пороховидная структура закрепляет максимальное количество щелочногидролизуемых соединений (648-660 мгС/100г). Увеличение доли подвижных гумусовых соединений в структурах более высокого порядка (глыбистая, крупнокомковатая, зернистая) позволяет утверждать, что в них полнее реализуется агрегирующий потенциал.

## **Глава 7. Основные закономерности агрогенной трансформации агрофизических свойств почв**

Обобщая материалы по оценке агрофизического состояния черноземов и серых лесных почв Красноярской лесостепи, можно выделить основные закономерности их агрогенной трансформации:

✓ Сельскохозяйственное использование почв приводит к изменению морфологии структурной организации гумусовой толщи их профилей, проявляющейся в деформации форм, размеров педов и их внутрипедной организации. Преобладающие зернистые структуры в гумусовых горизонтах трансформируются в глыбистые, комковатые и пороховидные отдельности в черноземах и в ореховатые и глыбистые педы в серых лесных почвах.

✓ Особенности внутрипрофильного распределения основных гранулометрических фракций почв агроценозов мало, чем отличаются от целинных аналогов, что свидетельствует о стабильности минеральной массы исследуемых почв. Относительное обезыливание пахотного слоя на 8-11% выявлено только в черноземах выщелоченных.

✓ Высокая устойчивость агрегирующих связей микроструктуры сохраняется при сельскохозяйственном освоении почв. Исключение составляют черноземы выщелоченные, использование которых в пашне приводит к количественному изменению микроструктурной организации твердой фазы.

✓ Черноземы выщелоченные Красноярской лесостепи, обладая отличной оструктуренностью в ненарушенном состоянии, сохраняют её в условиях сельскохозяйственного использования. Черноземы обыкновенные на пашне теряют 15% агрономически ценных агрегатов, но остаются хорошо оструктуренными. Процесс агрогенной дезагрегации почвенной структуры в серых лесных почвах выражен более существенно, нежели в черноземах. Здесь наблюдается снижение содержания агрономически ценных фракций до

33-37%. Сельскохозяйственное использование темно-серых и серых лесных почв нивелирует структурный состав их пахотных горизонтов.

✓ Вовлечение в сельскохозяйственные угодья черноземов обыкновенных и серых лесных почв существенно не отражается на их агрегатном составе. В наибольшей степени трансформируются пахотные горизонты черноземов выщелоченных, где снижение водоустойчивости структуры на 22% сопряжено с обезыливанием и разрушением микроагрегатов. При этом показатели их агрегатного состава не выходят за гипотетически оптимальные пределы.

Результаты проведенных исследований позволяют оценить степень устойчивости почв региона к антропогенным воздействиям:

✓ Устойчивое агрофизическое состояние с оптимальными параметрами сохраняется в пахотных черноземах выщелоченных и обыкновенных. Серые лесные почвы, имеющие критически низкое содержание агрономически ценных агрегатов в пахотном слое, отличаются неудовлетворительной оценкой структурного состава и характеризуются как неустойчивые.

✓ Благоприятные агрофизические параметры черноземов, сформированных на лессовидных суглинках, проявляются в агроценозах стабильно. Качественная оценка, сезонный ритм и характер пространственного распределения структурно-агрегатного состава и плотности сложения указывают на отсутствие процессов физической деградации почв.

✓ Черноземы обыкновенные и серые лесные почвы, развитые на коричнево-бурых глинах, характеризуются физической деградацией пахотных горизонтов. Она проявляется в слабой устойчивости к уплотнению и разуплотнению, формировании глыбистой структуры и высокой сезонной изменчивости агрофизических показателей.

Относительная устойчивость агрофизического состояния деградированных черноземов обыкновенных и серых лесных почв Красноярской лесостепи в значительной степени может быть обеспечена оптимизацией соотношения активной и инертной части гумуса. Признавая важность всех компонентов органического вещества для плодородия почв, наши исследования доказали особую роль его активной, разлагающейся части. Агротехническими приемами можно изменить именно этот пул органического вещества, а, следовательно, имеется реальная возможность его регулирования с целью повышения эффективного плодородия пахотных почв.

## Выводы

1. Черноземы и серые лесные почвы Красноярской лесостепи, обладая преимущественно тяжелосуглинистым слабодифференцированным по профилю гранулометрическим составом, характеризуются хорошо выраженными округло-кубовидными структурами. Агрогенная трансформация почв сопровождается уменьшением доли монотипных агрегатов зернистой формы и появлением глыбистых, комковатых и пороховидных структур в черноземах и укрупнением педов с образованием ореховатых и глыбистых отдельностей в серых лесных почвах.

2. Высокая устойчивость агрегирующих связей микроструктуры ненарушенных почв сохраняется и в условиях пашни. Исключение составляют черноземы выщелоченные, отличающиеся относительным обезыливанием пахотного слоя на 8-11%, уменьшением доли истинных микроагрегатов на 15% и снижением коэффициента общей агрегированности на 5-7%.

3. Почвы леса и луговых фитоценозов, имеющие отличную оструктуренность, распределяются по содержанию агрономически ценной фракции агрегатов в следующий ряд: темно-серые лесные (87,7%) > черноземы выщелоченные (79,8%) > серые лесные (76,7%) > черноземы обыкновенные (70,5%). Статистические параметры содержания водопрочных агрегатов указывают на отличное структурное состояние и близкий уровень неосвоенных черноземов выщелоченных и серых лесных почв (91,1-91,3%). В черноземах обыкновенных водопрочность структурных агрегатов ниже на достоверно значимую величину (80,5%).

4. Оптимальное структурное состояние сохраняется в черноземах пахотных. Пахотные серые лесные почвы отличаются неудовлетворительной структурой и характеризуются как неустойчивые. По содержанию агрономически ценных фракций подтипы почв ранжируются в убывающий ряд: черноземы выщелоченные (74,9%) – черноземы обыкновенные (55,6%) – серые лесные (36,9%) – темно-серые лесные (33,3%). Вовлечение черноземов и серых лесных почв в пахотные угодья значительно не отражается на их агрегатном составе. Существенное снижение водоустойчивости структуры на 22% с сохранением оптимальных параметров отмечено в черноземах выщелоченных.

5. Благоприятное агрофизическое состояние черноземов, сформированных на лессовидных суглинках, проявляется в агроценозах стабильно с сезонным ритмом показателей, не превышающим 11%. Функционирование черноземов, развитых на коричнево-бурых глинах, характеризуется физической деградацией пахотных горизонтов: слабой устойчивостью к уплотнению и саморазуплотнению, формированием глыбистой структуры с высокой водопрочностью плотно-пористых агрегатов и сезонной динамикой показателей, достигающей 54 % в пахотном слое.

6. Агрофизические свойства пахотных черноземов и серых лесных почв по параметрам пространственной изменчивости в предельно

однородных условиях почвообразования и участков пашни с выраженным мезо- и микрорельефом оцениваются как устойчивые и представляющие собой длительный продукт почвообразования.

7. Запашка полной фитомассы донникового сидерата, а также распашка пласта люцерны способствуют устранению физической деградации черноземов, сопровождающееся снижением плотности сложения почвы до  $1,1 \text{ г/см}^3$  и удовлетворительной оструктуренностью пахотного слоя (41-44%). В темно-серой лесной почве стабильное оптимизирующее действие оказывает птичий помет в дозе эквивалентной  $\text{N}_{52}$  и коропометный компост в дозе эквивалентной  $\text{N}_{26}$  совместно с минеральными удобрениями. Они формируют сложение пахотного слоя на уровне  $1,2-1,3 \text{ г/см}^3$  и удовлетворительную его оструктуренность (51%).

8. Почвы Красноярской лесостепи характеризуются преобладанием стабильных соединений в гумусе, составляющих 76-84% в черноземах и 73-77% в серых лесных почвах. Запасы гумуса в ненарушенных и пахотных почвах постепенно уменьшаются в ряду: черноземы выщелоченные (114,8-79,7 тС/га) – черноземы обыкновенные (99,0-68,5 тС/га) – темно-серые лесные (73,1-59,9 тС/га) – серые лесные (55,1-44,4 тС/га). По запасам подвижных гумусовых соединений почвы луговых фитоценозов и леса в убывающем порядке распределяются следующим образом: черноземы выщелоченные (27,9 тС/га) – темно-серые лесные (19,8 тС/га) – черноземы обыкновенные (16,4 тС/га) – серые лесные (14,4 тС/га). Подтипы пахотных почв ранжируются в следующий убывающий ряд: темно-серые лесные (16,0 тС/га) – черноземы выщелоченные (15,2 тС/га) – черноземы обыкновенные (16,4 тС/га) – серые лесные (10,2 тС/га).

9. Водопрочность структурных агрегатов в профиле ненарушенных и пахотных почв в большей степени обусловлена подвижными гумусовыми веществами. Отсутствие существенных потерь водоустойчивыми агрегатами подвижного гумуса в почвах агроценозов способствует сохранению качества структуры. Агрегирующий потенциал водо- и щелочегидролизующих соединений полнее реализуется в глыбистых, крупнокомковатых и зернистых морфологически выраженных структурах.

10. Динамика агрофизических свойств целинных и пахотных черноземов определяется сезонным ритмом гумусовых веществ с суммарным эффектом 42-78%. Преимущественный вклад в изменение уровней временного ряда вносят подвижные гумусовые вещества, усиливающие своё действие при запашке сидератов и пласта многолетних трав. Влияние подвижного гумуса на пространственную изменчивость структурно-агрегатного состава и сложение пахотного горизонта проявляется только в условиях выраженного мезо- и микрорельефа поля.

11. Установленная взаимосвязь количественных и качественных показателей гумусного состояния и агрофизических свойств дает возможность направленного регулирования процессов гумусообразования и гумусонакопления на основе севооборота, сочетаний форм и доз применяемых удобрений.



## **Основные положения диссертации опубликованы в работах:**

### **Монографии**

Кураченко, Н.Л. Лабильные гумусовые вещества в формировании почвенных агрегатов /Н.Л.Кураченко. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ. – 2001. – 82с.

Цугленок, Н.В. Агропромышленный комплекс Красноярского края: проблемы и приоритеты направления развития /Н.В. Цугленок, ... Н.Л. Кураченко. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ. – 2009. – 292с.

Цугленок, Н.В. Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственных продуктов, сырья и продовольствия на территории Красноярского края /Н.В. Цугленок, ... Н.Л. Кураченко. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ. – 2009. – 240с.

### **Журналы, рекомендованные ВАК РФ**

Кураченко, Н.Л. Роль агрегатного состояния почвы в углекислотном балансе агрофитоценоза пшеницы / Н.Л.Кураченко // Вестник КрасГАУ. – 1997. - №2. – С.41-44.

Кураченко, Н.Л. Влияние удобрений и мелиорантов на структурно-агрегатное состояние серых лесных почв и содержание в них лабильных гумусовых веществ /Н.Л.Кураченко, Ю.Н.Трубников //Агрохимия. – 2002. - №5. – С.17-21.

Солодченко, С.Н. Изменения структурно-агрегатного состояния чернозема выщелоченного в цикле увлажнение-высыхание / С.Н.Солодченко, Н.Л.Кураченко // Вестник КрасГАУ. – 2003. - №2. – С.79-84.

Кураченко, Н.Л. Влияние подвижного органического вещества на сезонную динамику структурно-агрегатного состава чернозема обыкновенного /Н.Л.Кураченко // Вестник КрасГАУ. – 2004. - №5. – С.73-70.

Кураченко, Н.Л. Структурное состояние черноземов обыкновенных Красноярской лесостепи /Н.Л.Кураченко //Вестник Томского государственного университета. – 2005. - № 15. – С.47-49.

Кураченко, Н.Л. Влияние удобрений на гумусное и агрофизическое состояние чернозема выщелоченного /Н.Л.Кураченко, О.А.Ульянова, М.В.Луганцева, М.В.Бабаев //Вестник КрасГАУ. – 2008. – С.33-38.

Кураченко, Н.Л. Структурно-агрегатное состояние чернозема обыкновенного /Н.Л.Кураченко, С.Н.Солодченко, В.Н.Романов, В.М.Литау //Аграрная наука. – 2008. - №10. – С.15-16.

Кураченко, Н.Л. Морфология структурной организации черноземов и серых лесных почв Красноярской лесостепи /Н.Л.Кураченко //Вестник КрасГАУ. – 2009. - №2. – С.28-32.

Ульянова, О.А. Реакция агросерой лесной почвы на применение системы удобрения /О.А. Ульянова, Н.Л. Кураченко, В.С. Борцов //Вестник КрасГАУ.– 2009. - №7. – С.76-82.

Ульянова, О.А. Влияние системы удобрения на плодородие чернозема выщелоченного Красноярской лесостепи /О.А. Ульянова, Н.Л. Кураченко, В.В. Чупрова //Агрохимия. – 2010. - №1. – С. 10-19.

### **Другие научные издания**

Кураченко, Н.Л. Роль агрегатного состава и растительного вещества в нитрификационной способности чернозема выщелоченного /Н.Л.Кураченко //Технологии неистощительного землепользования: Мат-лы рег.науч.конф. – Красноярск. – 1997. - С.55-56.

Кураченко, Н.Л. Роль агрегатного состава почвы в процессах трансформации органического вещества /Н.Л.Кураченко //Почвенные ресурсы, рационализация землепользования и экологическая оптимизация агроландшафтов в Приенисейской

Сибири: Мат-лы рег.науч.конф., посв. 150-летию со дня рождения В.В.Докучаева. – Красноярск. – 1997. – С.75-79.

Кураченко, Н.Л. Структура черноземов Красноярской лесостепи в условиях целины и сельскохозяйственного использования /Н.Л.Кураченко //Функционирование и охрана почвенного покрова: Мат-лы рег.науч.конф.молодых ученых. – Красноярск. – 1997. – С.63-65.

Кураченко, Н.Л. Участие лабильного органического вещества в формировании водопрочной структуры длительносезоннопромерзающего чернозема оподзоленного Средней Сибири /Н.Л.Кураченко //Криопедология-97: Мат-лы 2 межд.конф. – Сыктывкар. – 1997. – С.67.

Кураченко, Н.Л. Особенности формирования структурно-агрегатного состояния целинных и пахотных черноземов Красноярской лесостепи /Н.Л.Кураченко //Тез.докл. III съезда Докучаевского общ-ва почвоведов. – Суздаль. – 2000. – С.269.

Кураченко, Н.Л. Участие гидролизуемой фракции углеводов в процессах агрегирования почв Приенисейской Сибири /Н.Л.Кураченко //Почвенно-агрономические исследования в Сибири: Сб.науч.трудов. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2000. – С.53-57.

Кураченко, Н.Л. Содержание водорастворимого углерода в водопрочных агрегатах почв Приенисейской Сибири /Н.Л.Кураченко //Органическое вещество почв и урожай. – Красноярск. – 2000. – С.19-24.

Чупрова, В.В. Легкогидролизуемое органическое вещество в почвах Средней Сибири /В.В.Чупрова, А.А.Белоусов, Н.Л.Кураченко, И.В.Люкшина //Современные проблемы почвоведения в Сибири: Мат-лы межд.конф. – Томск: ТГУ, 2000. – С.468-471.

Кураченко, Н.Л. Агрогенная трансформация структуры в черноземе обыкновенном Красноярской лесостепи /Н.Л.Кураченко, И.А.Удовиченко //Интеллект-2001. – Красноярск, 2001. – С.243.

Романцова, Е.Н. Сезонная динамика агрегатного состояния серых лесных почв Приенисейской Сибири /Е.Н.Романцова, Н.Л.Кураченко //Почвы Сибири: особенности функционирования и использования: Сб.науч.трудов. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ. – 2003. – С.42-47.

Кураченко, Н.Л. Участие водорастворимого органического вещества в образовании водопрочной структуры чернозема обыкновенного в Красноярской лесостепи /Н.Л.Кураченко //Почвы Сибири: особенности функционирования и использования: Сб.науч.трудов. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ. – 2003. – С.48-51.

Кураченко, Н.Л. Участие подвижного органического вещества в образовании водопрочной структуры чернозема обыкновенного Красноярской лесостепи /Н.Л.Кураченко //Фундаментальные физические исследования в почвоведении и мелиорации: Тр.Всерос.конф. – М., 2003. – С.70-73.

Солодченко, С.Н. Сезонные изменения структуры чернозема обыкновенного в условиях целины и агроценозов /С.Н.Солодченко, Н.Л.Кураченко //Молодежь Сибири – науке России: Мат-лы межд.научн.конф. – Красноярск. – 2003. – Ч.2. – С. 237-241.

Кураченко, Н.Л. Сезонные изменения структуры чернозема обыкновенного в агроценозах Красноярской лесостепи /Н.Л.Кураченко //Тез.докл. IV съезда Докучаевского общ-ва почвоведов. – Новосибирск. – 2004. – С.437.

Кураченко, Н.Л. Статистические параметры структурно-агрегатного состава гумусовых горизонтов Красноярской лесостепи /Н.Л.Кураченко // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Центральной Сибири. – Красноярск: КНИИГиМС. – 2004. – Вып. 6. – С.94-97.

Кураченко, Н.Л. Сезонная динамика структурно-агрегатного состава и подвижного органического вещества в черноземе обыкновенном Красноярской лесостепи /Н.Л.Кураченко //Черноземы Центральной России: генезис, география, эволюция: Мат-лы межд.научн.конф. – Воронеж. – 2004. – С.292-297.

Кураченко, Н.Л. Участие водорастворимых катионов кальция и магния в образовании водопрочной структуры почв травяных лесов и лесостепи /Н.Л.Кураченко, Н.С.Плащинская //Современные тенденции развития АПК: Мат-лы Всерос.науч.конф. – Красноярск. – 2005. – С.145-148.

Кураченко, Н.Л. Пространственная вариабельность агрофизических свойств черноземов Красноярской лесостепи /Н.Л.Кураченко //Природная и антропогенная динамика наземных экосистем: Мат-лы Всерос.науч.конф. – Иркутск. – 2005. – С.316-319.

Кураченко, Н.Л. Структурное состояние черноземов Красноярской лесостепи /Н.Л.Кураченко //Аграрная наука на рубеже веков: Мат-лы Всерос.научно-практ.конф. – Красноярск. – 2005. – С.20-21.

Кураченко, Н.Л. Гранулометрический и микроагрегатный состав лесостепных черноземов обыкновенных /Н.Л.Кураченко //Аграрная наука на рубеже веков: Мат-лы рег.науч. конф. – Красноярск. – 2006. – С.13-16.

Кураченко, Н.Л. Пространственная изменчивость физических свойств и органического вещества черноземных почв в условиях бугристого рельефа Красноярской лесостепи /Н.Л.Кураченко, С.Н.Солодченко //Почвы Сибири: Сб.науч.трудов. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ. – 2006. –Вып.2. – С.133-138.

Кураченко, Н.Л. Влияние полевой влажности на динамику физических показателей чернозема обыкновенного в севооборотном звене с люцерной /Н.Л.Кураченко // Аграрная наука на рубеже веков: Мат-лы рег.науч. конф. – Красноярск. – 2007. – С.31-34.

Кураченко, Н.Л. Структурообразующая роль органического вещества в черноземах Красноярской лесостепи /Н.Л.Кураченко //Аграрная наука – сельскому хозяйству: Мат-лы II межд.науч-практ.конф. – Барнаул: Изд-во АГАУ. – 2007. – Кн.1. –С.159-161.

Кураченко, Н.Л. Агрогенное изменение основных уровней структурной организации черноземов выщелоченных Средней Сибири /Н.Л.Кураченко // Тез.докл. V съезда общ-ва почвоведов. – Ростов-на-Дону. – 2008. – С.8.

Ульянова, О.А. Эффективность удобрений из местных источников сырья /О.А.Ульянова, Н.Л.Кураченко // Тез.докл. V съезда общ-ва почвоведов. – Ростов-на-Дону. – 2008. – С.206.

Кураченко, Н.Л. Устойчивость микроагрегатов лесостепных почв Средней Сибири /Н.Л.Кураченко //Экосистемы Центральной Азии: исследования, проблемы охраны и природопользования: Мат-лы IX Убсу-Нурского межд.симпозиума. – Кызыл. – 2008. – С.143-144.

Кураченко, Н.Л. Изменение структурного состояния залежных черноземов Красноярской лесостепи /Н.Л.Кураченко, М.В.Бабаев //Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота: Мат-лы Всерос.науч.конф. – М., 2008. – С.324-327.

Кураченко Н.Л. Особенности структурного состояния серых лесных почв юга Средней Сибири /Н.Л. Кураченко // Аграрная наука – сельскому хозяйству: Мат-лы IV межд.науч-практ.конф. – Барнаул: Изд-во АГАУ. – 2009.–С.402-403.

Ульянова, О.А. Оценка действия вермикомпоста на свойства почвы и урожайность пшеницы /О.А. Ульянова, Н.Л. Кураченко, В.В. Чупрова, В.С. Борцов //Роль науки в развитии сельского хозяйства Приенисейской Сибири: Мат-лы науч.-практ. конф. – Красноярск, 2008. – С.166-173.

Кураченко, Н.Л. Устойчивость агрофизических свойств лесостепных черноземов к антропогенным воздействиям /Н.Л. Кураченко // Роль науки в развитии сельского хозяйства Приенисейской Сибири: Мат-лы науч.-практ. конф. – Красноярск, 2008. – С.121-127.

Кураченко, Н.Л. Гумусовые вещества в ненарушенных и пахотных почвах Красноярской лесостепи /Н.Л. Кураченко //Почвы Сибири: Сб.науч.трудов. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ. – 2009. –Вып.3. – С.158-170.