

*На правах рукописи*



ЗАЗДРАВНЫХ Евгений Александрович

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ  
ПАХОТНЫХ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПИ НА ЮГЕ СРЕДНЕРУССКОЙ  
ВОЗВЫШЕННОСТИ**

25.00.23 – физическая география и биогеография, география  
почв и геохимия ландшафтов

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Белгород – 2017

Работа выполнена на кафедре природопользования и земельного кадастра ФГАОУ  
ВО «Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет»

Научный руководитель **ЧЕНДЕВ Юрий Георгиевич** –  
доктор географических наук, доцент,  
зав. кафедрой природопользования и земельного  
кадастра Белгородского государственного  
национального исследовательского университета

Официальные оппоненты: **ИВАНОВ Игорь Васильевич** –  
доктор географических наук, главный научный  
сотрудник Института физико-химических и  
биологических проблем почвоведения РАН

**СОЛОВИЧЕНКО Владимир Дмитриевич** –  
доктор сельскохозяйственных наук, заведующий  
лабораторией плодородия почв и мониторинга  
ФГБНУ «Белгородский НИИСХ»

Ведущая организация **Институт географии Российской  
Академии Наук (РАН)**

Защита состоится «25» мая 2017 г. в 13-00 часов на заседании диссертационного со-  
вета Д 212.208.12 при ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» по адресу:  
344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Р. Зорге, 40, Институт наук о Земле ЮФУ, ауд. 201.  
С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке Южного фе-  
дерального университета по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Р. Зорге, 21 Ж и  
на сайтах [sfedu.ru/diss/announcements](http://sfedu.ru/diss/announcements) и [vak.ed.gov.ru](http://vak.ed.gov.ru)  
Автореферат разослан «     » апреля 2017 г.

Отзывы на автореферат (заверенные печатью, в двух экземплярах) просим направ-  
лять по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Р. Зорге, 40, Институт наук о Земле  
ЮФУ на имя ученого секретаря диссертационного совета Д 212.208.12. E-mail:  
[diana@sfedu.ru](mailto:diana@sfedu.ru). Факс: 8 (863) 222-57-01

Ученый секретарь диссертационного  
совета Д 212.208.12,  
кандидат географических наук, доцент

Д.Ю. Шишкина

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Антропогенные воздействия на почвы сильно возросли на протяжении последних десятилетий, и являются новым и актуальным исследовательским аспектом в почвоведении. (Глазовская, 1986; Иванов, 2002; Носко, 2013; Веремеенко, Фурманец, 2014; Richter et al., 2007; и др.). Однако, механизмы, стадии, тренды и процессы антропогенных изменений почв различных регионов до настоящего времени остаются дискуссионными. Среди многочисленных видов воздействий человека на окружающую среду наиболее древним и кардинальным является агрогенная трансформация почвенного покрова (Александровский, Александровская, 2005; Морковкин и др., 2014; Иванов, Чендев, 2015; Walker et al., 1994; Rapp, 1998; и др.). В процессе агрогенеза в пахотных почвах происходит накопление, а затем закрепление новых признаков и свойств, ряд которых не характерен для естественного почвообразования. Возникает необходимость в исследовании направленности, стадийности, механизмов и закономерностей изменений, протекающих в агрогенно трансформированных почвах. Особенно актуальны исследования трансформации пахотных почв для староосвоенных сельскохозяйственных территорий, что связано с необходимостью поддержания их экологического и экономического благополучия. Одним из таких регионов является лесостепь Среднерусской возвышенности.

**Объект и предмет исследования.** *Главными объектами исследований* являются автоморфные почвы восьми агрохронорядов, изученных на территории лесостепной части Белгородской области (четыре агрохроноряда – в пределах ареала распространения серых лесных почв и четыре агрохроноряда – на территории распространения лесостепных подтипов черноземов). *Дополнительными объектами исследований* были: автоморфные лугово-степные черноземы агролесомелиоративных ландшафтов (изучались почвы угодий, соответствующих стадийным сменам «целина-пашня-лесополоса»), а также почвенный покров Белгородской области на участках с разной длительностью сельскохозяйственного использования (изучался на основе картографического и историко-картографического анализа данных). *Предмет исследования* – процессы и свойства изменяющихся во времени пахотных почв и почв агролесомелиоративных ландшафтов.

**Цель и задачи исследования.** *Цель исследования* – комплексный анализ пространственно-временных изменений показателей плодородия серых лесных почв и черноземов лесостепи в результате их длительной агрогенной трансформации на территории юга Среднерусской возвышенности.

Для реализации поставленной цели решались следующие *задачи*:

1) определить количественные и качественные изменения показателей почвенного плодородия в результате агрогенной трансформации свойств серых лесных и черноземных почв;

2) обосновать процессы и стадии агрогенной трансформации зональных лесостепных почв;

3) разработать методику комплексного анализа данных почвенно-агрохимического мониторинга и разновременных карт для обоснования особенностей агрогенной трансформации во времени почв и почвенного покрова изучаемой территории;

4) проанализировать пространственно-временную динамику гумусного состояния пахотных почв Белгородской области на основе данных разновременных туров агрохимического обследования почвенного покрова;

5) изучить закономерности изменений во времени гумусного состояния лугово-степных черноземов в агролесомелиоративных ландшафтах в результате смен целины пашней, а пашни - лесополосами;

6) сравнить направленность агрогенных изменений автоморфных серых лесных почв и черноземов лесостепи на основе анализа протекающих в агропочвах процессов.

**Соответствие диссертации паспорту специальности.** Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности 25.00.23 – «Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов»: п. 3. *География и картография, происхождение и трансформация почвенного покрова*; п.8. *Естественная и антропогенная эволюция почв и почвенного покрова*; п. 12. *География антропогенных ландшафтов и почв, культурной флоры и фауны.*

**Материалы и методы исследования.** Источниковой базой исследования послужили: литературные сведения по изучаемой проблеме, результаты полевых и лабораторных исследований почв, данные почвенно-агрохимического мониторинга почв Белгородской области, разновременные крупномасштабные карты и планы (периодов Генерального (конец 18 в.) и Специального (середина 19 в.) межеваний), современные топографические карты и космические снимки высокого разрешения. Произведен историко-картографический анализ архивных материалов. Использованы возможности ГИС-технологий в обработке карт и космоснимков. Базовым методом исследования послужил подход сравнения естественных почв с почвами разных сроков земледельческого освоения – метод почвенных агрохронорядов (Козловский, 2003; Чендев, 2008; и др.). Лабораторные и камеральные исследования включали разнообразные виды анализа почв, математическую и статистическую обработку данных. Для изучения пространственно-временного изменения гумусного состояния и других агрохимических показателей пахотных почв была разработана авторская методика, продолжающая принципы и подходы, содержащиеся в исследованиях ряда авторов (Чендев, Лицуков, 1997; Чендев и др., 1998; Серикова, 2010). В системе «целина-пашня-лесополоса» исследования проводились по интегрированной российско-американской методике, использованной при изучении почв на территории «кукурузного пояса» США и лесостепи Восточной Европы (Чендев и др., 2015; Sauer et al., 2012).

#### **Положения, выносимые на защиту.**

1. В условиях применения экстенсивной агротехники изменения во времени зональных типов почв лесостепи характеризуются противоположной направленностью. Генеральные тренды трансформации автоморфных пахотных серых лесных почв - гумусонакопление, рост гумусированной толщи, повышение гуматности органического вещества, окарбонирование и оструктурирование, ослабление признаков текстурной дифференциации. Плодородие данных почв с возрастом земледельческого освоения возрастает. Генеральные тренды изменения автоморфных пахотных черноземов имеют деградационную направленность: уменьшается мощность гумусированной толщи, происходит убыль содержания и запасов гумуса. Плодородие данных почв с возрастом земледельческого освоения снижается.

2. Агрогенная трансформация зональных почв лесостепи имеет стадийный характер. На первой стадии (100 лет распашки) происходят более интенсивные изменения почвенных показателей, а на второй стадии (100-220(240) лет распашки) большинство изменений прослеживается на уровне тенденций. Стадийность изменений почвенных свойств характеризуется тремя вариантами: 1) затухающим замедляющимся, 2) затухающим стабилизационным, 3) варьирующим разнонаправленным.

3. Экосистемы искусственных полезащитных лесонасаждений, возникших на месте пашен в лугово-степных ландшафтах лесостепи, являются аккумуляторами гумуса почв под лесонасаждениями. Деградационный тренд изменения гумусного состояния лугово-степных черноземов в системе смен во времени угодий первой стадии «целина-пашня» сменяется на проградационный тренд второй стадии «пашня-лесополоса». Агролесомелиоративные мероприятия в лесостепи приобретают дополнительную важность с учетом повышения гумусированности почв под лесополосами – в первую очередь на территориях распространения лугово-степных черноземов, которые в ряду зональных лесостепных почв наиболее подвержены агрогенной деградации.

**Научная новизна.** Установлена комбинация процессов, протекающих в автоморфных пахотных почвах лесостепи на юге Среднерусской возвышенности. Получены количественные и качественные характеристики темпов и направленности агрогенных изменений почв и почвенного покрова. Выполнены карты и картограммы, отражающие изменения староосвоенных почв в современный период, а также интегральный результат агрогенной трансформации почв за всю историю земледельческого освоения Белгородской области. Установлены черты сходства и отличия в характере агрогенной эволюции серых лесных почв и черноземов лесостепи.

**Научное значение и применение результатов исследования.** Исследование особенностей агрогенной трансформации почв и почвенного покрова важно для развития теории эволюции почв, совершенствования понятийно-терминологического аппарата эволюционно-генетического почвоведения. Результаты диссертационного исследования внедрены в систему почвенно-агрохимического мониторинга почв и почвенного покрова Белгородской области, а также вошли в отчеты по различным научным проектам, в которых автор принимал участие (грант Министерства образования и науки РФ, проект № 2.1.1/9571; гранты РФФИ, проекты № 11-05-92500-АФГИР-Э\_а, № 12-05-97512-р\_центр\_а, № 13-05-41158 РГО\_а; внутривузовские гранты аспиранта в НИУ «БелГУ»).

**Личный вклад автора.** Автор принимал участие в полевых исследованиях почвенных агрохронорядов и в почвенно-агрохимическом мониторинге почв на территории Белгородской области. Автором выполнены описание и лабораторный анализ почв; проведен анализ литературных источников по теме исследования; подготовлен иллюстративный материал, включающий карты, картограммы и картосхемы; подготовлены и опубликованы статьи.

**Апробация.** Материалы проведенного исследования докладывались и обсуждались на Всероссийских и Международных конференциях: «Геоэкология и рациональное природопользование: от науки к практике» (Белгород, 2011), «Географические достижения: история, состояние, перспективы» (Харьков, 2011), «Влияние лесополос на свойств черноземов на территории Центральной лесостепи Восточной Европы» (г. Эймс, штат Айова, США, 2012), «Регион-2012: стратегия оптимального

развития» (Харьков, 2012), «Академическая наука - проблемы и достижения» (Москва, 2013), «Ломоносов – 2013» (Москва, 2013), «Современные тенденции в образовании и науке» (Тамбов, 2013).

**Публикации.** По теме диссертационного исследования опубликовано 17 научных работ, включая 3 статьи из списка ВАК.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, приложений, списка литературы из 222 наименований, из них 32 на иностранных языках. Текст диссертации изложен на 180 страницах машинописного текста и содержит 37 таблиц, 55 рисунков, 5 приложений.

**Благодарности.** Считаю своим долгом выразить глубокую благодарность научному руководителю, доктору географических наук Чендеву Ю.Г. за оказанную всестороннюю помощь на всех этапах подготовки данной работы, а также директору ФГБУ «ЦАС «Белгородский», заслуженному деятелю науки РФ, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Лукину С.В. за ряд ценных консультаций и предоставление данных по агрохимическому и почвенно-эрозионному обследованию почв Белгородской области.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Литературный обзор по проблеме пространственно-временных изменений пахотных серых лесных почв и черноземов лесостепи

В данной главе обобщены различные литературные сведения по проблеме агротехнопедогенеза, протекающего в зональных почвах Центральной лесостепи. На основе анализа отечественных и зарубежных литературных сведений установлено, что проблема пространственно-временной трансформации пахотных почв и почвенного покрова в лесостепной зоне является дискуссионной, с рядом противоречивых взглядов и представлений.

### Глава 2. Объекты и методы исследования

В главе 2 дана характеристика ключевых участков, объектов, материалов и методов исследования. Пространственное расположение ключевых участков представлено на рис. 1.

На участке «Самарино» фоновым является подтип серых лесных почв, на остальных «лесных» участках – подтип темно-серых лесных почв. На участках изучения агрохронорядов черноземов фоновые почвы относятся к сильно выщелоченным (участок «Верхопенье»), выщелоченным (участок «Жимолостное») и типичным (участки «Сафоновка» и «Юрьевка») черноземам. В агролесомелиоративных ландшафтах фоновыми являлись черноземы типичные, а на участке «Каменная степь» - черноземы обыкновенные.

В ходе исследования агрогенной эволюции зональных почв Центральной лесостепи применялся комплекс различных методов.

Метод почвенных агрохронорядов являлся одним из главных и был основан на сравнительном анализе строения и свойств почвенных профилей на фоновых угодьях с естественной растительностью и на пашнях, возникших в разное время. На ключевых участках агролесомелиоративных ландшафтов почвы исследовались на

целине, под лесополосами возраста 55 лет, возникших на месте пашен, и на пашнях 150-летнего возраста с двух сторон от прилегающих лесополос (рис. 2).

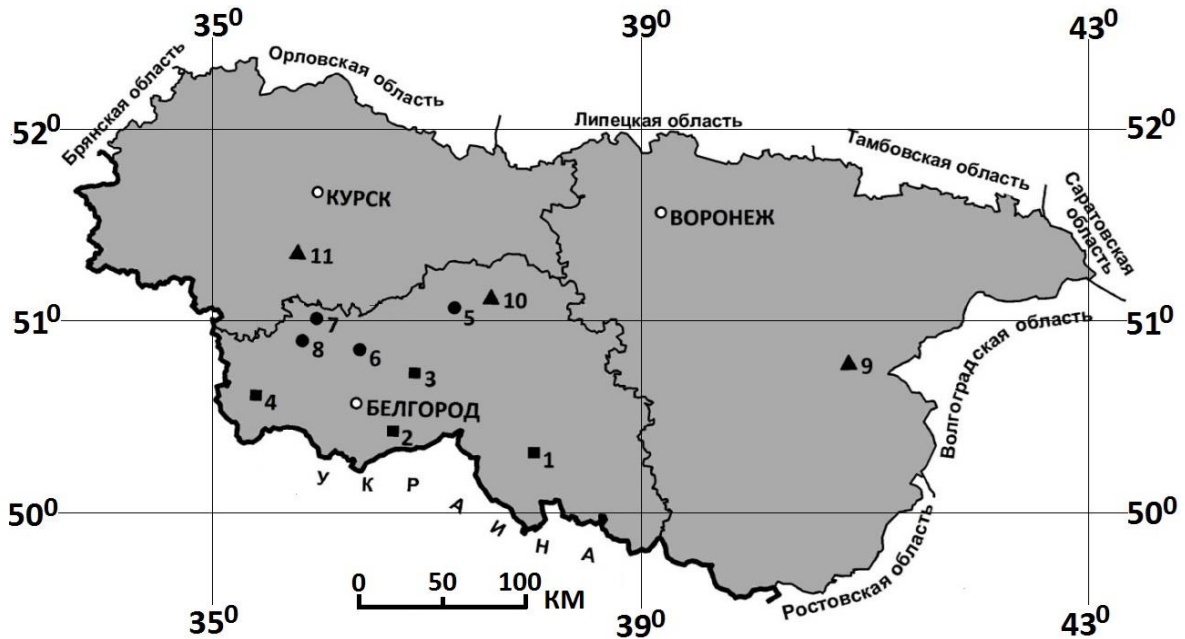


Рис. 1. Схема местоположения ключевых участков исследования. Участки исследования агрохронорядов серых лесных почв: 1 – «Самарино», 2 – «Поляна», 3 – «Мелихово», 4 – «Казачья Лисица». Участки исследования агрохронорядов черноземов: 5 – «Юрьевка», 6 – «Жимолостное», 7 – «Сафоновка», 8 – «Верхопенье». Участки изучения почв в агролесомелиоративных ландшафтах: 9 – «Каменная степь», 10 – «Ямская степь», 11 – «Стрелецкая степь»

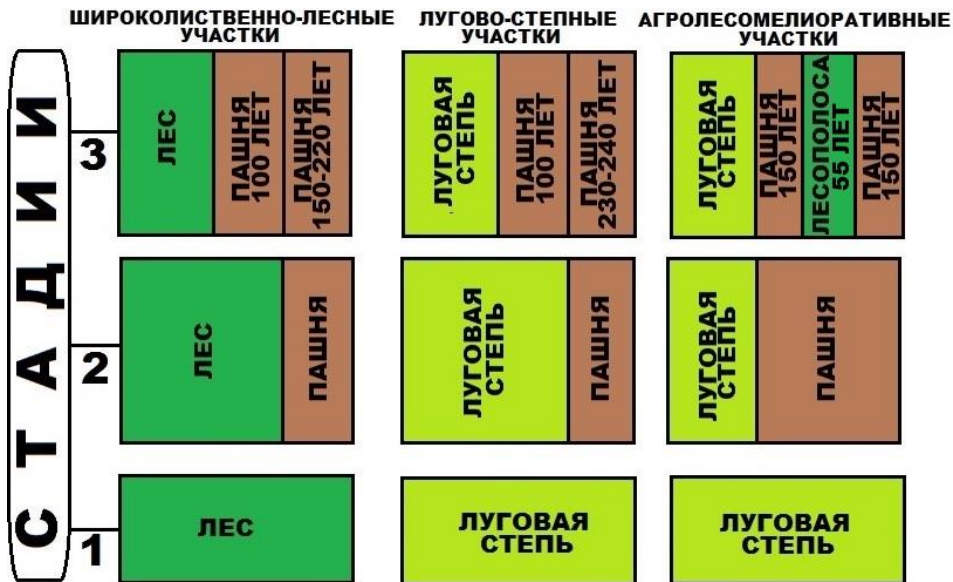


Рис. 2. Стадиальность изменения во времени угодий, сформировавших исследованные агрохроноряды почв и агролесомелиоративные участки

При выборе ключевых участков почвенных агрохронорядов соблюдался ряд требований: 1) участки располагались в автоморфных и сходных литологических условиях (почвообразующие породы – лессовидные суглинки); 2) на всем простран-

стве агрохроноряда в прошлом был распространен один тип естественной растительности с идентичной почвой; 3) фоновые почвы и их пахотные аналоги размещались близко друг от друга; 4) пахотные почвы являлись слабокультурными - с обычной для региона историей землепользования и земледелия; 5) на каждом изучаемом элементе (уголье) агрохроноряда закладывалось по 1-2 глубоких (до 2-х метров) полнопрофильных разреза.

Классификационное положение исследованных почв определялось в соответствии с традиционной эколого-факторной отечественной классификацией почв (Классификация..., 1977) с последующей их идентификацией по новой почвенной классификации (Классификация..., 2004).

Историко-картографический метод исследования был использован для выбора ключевых участков, установления возраста распашки почв, а также для построения аналитических карт, характеризующих длительность земледельческого освоения Белгородской области.

Лабораторный анализ почв проводился по стандартным методикам и включал определение гранулометрического состава почвы методом пипетки по Качинскому (в модификации С.И. Долгова, А.И. Личмановой), структурно-агрегатного состава почвы по И. И. Саввинову, общего гумуса по Тюрину, группового состава гумуса по Кононовой-Бельчиковой, карбонатов ацидиметрическим методом, объемной массы с помощью стальных колец. Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась с помощью общепринятых методов математической статистики (Доспехов, 1985; Дмитриев, 1995).

### Глава 3. Изменения автоморфных серых лесных почв в процессе распашки

Как показали результаты исследования, земледельческое освоение серых лесных почв оказывает существенное влияние на трансформацию их гумусового, карбонатного, а также элювиально-иллювиального профилей (рис. 3).

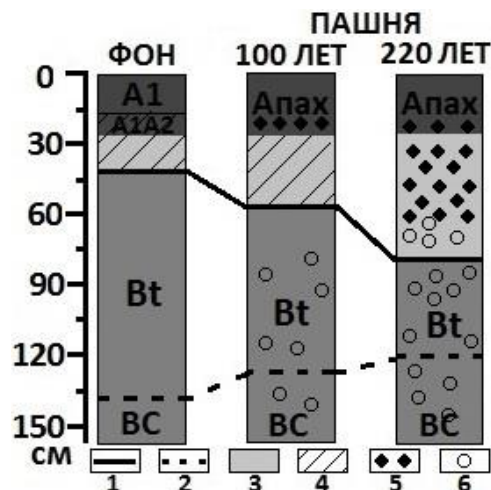


Рис. 3. Обобщенная схема агрогенной трансформации во времени строения профиля серых лесных почв лесостепи: 1 – нижняя граница гумусированной толщи, 2 – линия вскипания, 3 – зона наложения гумусо-аккумулятивного и иллювиального процессов, 4 – зона сплошного распространения скелетан, 5 – зона фрагментарного распространения скелетан, 6 – свежие слепышины



Главными трендами, приводящими к очерноземливанию пахотных серых лесных почв, являлись рост мощности гумусированной толщи (1,7 см в 10 лет), увеличение запасов гумуса и карбонатов в почвенном профиле, нарастание гуматности органического вещества, усиление зоогенной переработки почвенной толщи (слепами и червями). За весь период сельскохозяйственного освоения изученных серых лесных почв в среднем по всем участкам запасы гумуса увеличивались в пахотном горизонте (гор. Апах) со скоростью  $1,7 \pm 0,3$  т/га в 10 лет, а в метровой толще –  $2,2 \pm 0,3$  т/га в 10 лет. Главными причинами улучшения гумусного состояния пахотных серых лесных почв могли быть большая биомасса растительных остатков, поступающих в почву пашни (и в более измельченном состоянии), чем в почву под лесом, более активная зоогенная переработка почвенной толщи, улучшение агропедоклимата на пашне. Обоснование вклада каждой указанной причины требует проведения дальнейших исследований.

В пахотных серых лесных почвах Центральной лесостепи также отмечается ряд других процессов, свидетельствующих об ослаблении признаков лесного почвообразования: достоверное уменьшение (0,7 см в 10 лет) мощности текстурно-иллювиального горизонта (Bt), ослабление морфологической выраженности элювиально-иллювиальной дифференциации почвенного профиля (фрагментирование зон скопления скелетан (см. рис. 3), разрушение кутанного комплекса за счет деятельности землероев - особенно в старопахотных почвах), снижение коэффициента текстурной дифференциации профиля, увеличение содержания рыхлых мучнистых сегрегаций карбонатов в нижней части профиля. Вместе с тем в почвах 100-летних пашен обнаружено сохранение ряда почвообразовательных процессов, характерных для естественных серых лесных почв: поверхностного оглеения и лессиважа. Данные процессы начинают затухать на дальнейших стадиях распашки. В агропочвах также получил развитие процесс партлювации, под которым следует понимать передвижение и осаждение на стенках субвертикальных магистральных трещин аллохтонных кремнеземистых образований – скелетан (Караваева и др., 1992). Данный процесс в фоновых почвах не был выявлен. Для пахотных аналогов серых лесных почв характерно развитие трещинообразования, связанного с неоднократно повторяющимися циклами увлажнения-иссушения профиля на пашне.

В изменении ряда почвенных показателей был выявлен комплекс процессов, имеющих стадийный характер развития (табл. 1).

На первой стадии (0-100 лет распашки) происходит достоверное изменение большинства показателей, а на второй стадии (вторые 100 лет распашки и более) их изменение прослеживается на уровне тенденций, что свидетельствует о затухании процесса или смене его направленности (см. табл. 1).

Замедление темпов развития характерно для следующих показателей: положения линии вскипания, мощности текстурно-иллювиального горизонта (Bt), запасов гумуса в гор. Апах. На второй стадии стабилизация показателей проявляется для водопрочных агрегатов, средневзвешенного диаметра агрегатов (СВД) «мокрого» просеивания, содержания физической глины и ила, величины коэффициента текстурной дифференциации (КТД). Другая группа показателей (плотность, содержание глыб и агрономически ценных агрегатов, СВД «сухого» просеивания») характеризуется сменой направленности изменений во времени.

Таблица 1

Изменение почвенных показателей в процессе распашки серых лесных почв лесостепи (по усредненным показателям на 4-х ключевых участках)

Показатель	Возраст распашки, лет		
	0 лет	100 лет	150-220 лет
Мощность гумусированной части профиля (сумма горизонтов с индексом А1), см	<b>39,8±0,6</b>	<b>54,7±0,8</b>	<b>77,3±2,7</b>
Мощность текстурно-иллювиального горизонта (Вt), см	<b>71,9±1,1</b>	<b>60,0±0,8</b>	<b>55,5±1,1</b>
Глубина вскипания, см	<b>130,2±3,9</b>	<b>116,4±3,1</b>	113,5±3,4
Запасы гумуса, т/га *	<b>94±14/216±21</b>	<b>124±7/232±19</b>	125±11/251±27
Сгк:Сфк *	<b>1,55±0,07/1,32±0,03</b>	<b>2,55±0,04/1,55±0,03</b>	<b>3,47±0,41/2,16±0,17</b>
Запасы карбонатов в слое 0-200 см, т/га	1718±831	2067±751	2398±951
Плотность, г/см <sup>3</sup> *	<b>1,00±0,03/1,31±0,02</b>	<b>1,38±0,07/1,43±0,04</b>	<b>1,23±0,04/1,36±0,04</b>
Агрегаты >10 мм, % *	<b>17,3±5,5/46,8±7,8</b>	<b>55,9±10,4/63,7±8,6</b>	36,3±4,3/50,8±4,6
Агрегаты 0,25-10 мм, % *	<b>78,1±6,1/51,0±7,9</b>	<b>42,6±10,0/35,3±8,4</b>	61,4±4,0/48,0±4,4
Водопрочные агрегаты >0,25 мм, % *	<b>79,6±2,4/71,9±2,5</b>	<b>66,4±1,5/64,3±4,2</b>	65,0±4,6/62,5±5,7
СВД «сухого» просеивания, мм *	<b>4,9±0,3/7,0±0,4</b>	<b>7,6±0,6/8,1±0,5</b>	6,5±0,3/7,4±0,2
СВД «мокрого» просеивания, мм *	<b>1,7±0,1/1,1±0,1</b>	<b>1,0±0,1/0,8±0,1</b>	1,0±0,1/0,8±0,2
Физическая глина (<0,01 мм), % *	47,4±2,7/55,2±3,5	55,9±2,6/58,9±4,2	55,1±2,5/56,5±3,1
Ил (<0,001 мм), % *	22,7±2,3/34,4±1,2	28,5±1,7/37,0±2,4	30,5±2,3/37,2±3,2
КТД	<b>1,52±0,05</b>	<b>1,30±0,07</b>	1,29±0,05

Примечание: СВД – средневзвешенный диаметр, КТД – коэффициент текстурной дифференциации. Жирным шрифтом выделены достоверные отличия показателей при сравнении соседних членов агрохроноряда. Для показателей, отмеченных знаком \*, расчет проводился в слоях 0-30/0-100 см.

#### Глава 4. Изменения автоморфных лугово-степных черноземов в процессе распашки и смен режимов землепользования

Изменения в процессе распашки профильного строения автоморфных агро-черноземов представлены на рис. 4.

Генеральным трендом агрогенной трансформации лесостепных черноземов выступает деградация их гумусного состояния, которая заключается в уменьшении мощности гумусированной части профиля (0,4 см в 10 лет) и снижении запасов гумуса. Согласно полученным результатам, средняя скорость дегумификации в гор. Апах черноземов составляет 2,0±0,2 т/га в 10 лет, а в метровой толще – 3,9±0,6 т/га в 10 лет. Дегумификация в гор. Апах описывается логарифмическим трендом ( $r^2=0,84$ ), который свидетельствует о высоких темпах минерализации гумуса в первые 40-50 лет распашки и о затухании данного процесса в дальнейшем. В первые 100 лет распашки дегумификация охватывает гор. Апах, а на дальнейшей этапе освоения она распространяется на нижележащие слои. Дегумификация гор. Апах усиливается развитием гумусо-иллювиального процесса. В подпахотной толще во вторые 100 лет распашки продолжается биоминерализация гумуса целинной стадии развития, так и гумуса, иллювирированного в первые 100 лет освоения черноземов. Агрогенная дегумификация черноземов в метровой толще не имеет деления на стадии и аппроксимируется линейным трендом ( $r^2=0,79$ ). Причины снижения запа-

сов гумуса в пахотных агрочерноземах следующие: интенсивная минерализация органического вещества почв на пашне, отчуждение углерода гумуса с урожаем, инфильтрационные потери гумуса, механическая засыпка гумусированного материала в подпахотную толщу по трещинам усыхания.

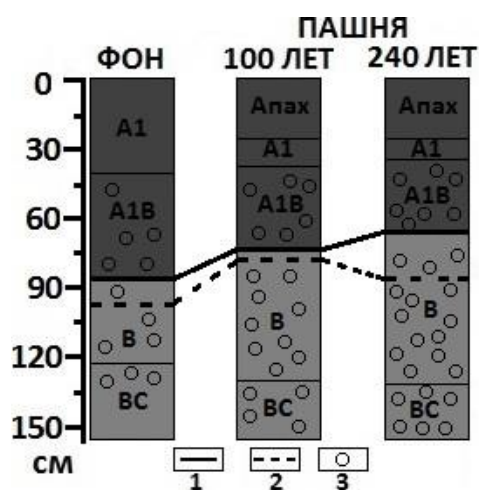


Рис. 4. Обобщенная схема агрогенной трансформации строения профиля лесостепных черноземов: 1 – нижняя граница гумусированной толщи, 2 – линия вскипания, 3 – свежие слепышины

Кроме дегумификации трендовой направленностью характеризуется также усиление во времени трещинообразования и зоогенной переработки профиля пахотных черноземов.

В процессе земледельческого освоения автоморфных черноземов прослеживается стадийный характер развития ряда почвенных показателей (табл. 2).

Для первой стадии характерно достоверное изменение большинства изученных показателей, что установлено при сравнении целинных черноземов и их аналогов на 100-летних пашнях (см. табл. 2). На второй стадии агрогенные изменения между агрочерноземами 100-летнего возраста освоения и старопахотными аналогами (230-240 лет распашки) прослеживаются на уровне тенденций, которые свидетельствуют о замедлении или стабилизации тренда, а также в ряде случаев - смене направленности развития процесса. Замедление интенсивности развития характерно для запасов гумуса. Стабилизация во времени показателей в староосвоенных черноземах отмечена для  $S_{гк}:S_{фк}$ , плотности, содержания водопрочных агрегатов, СВД «мокрого» просеивания, содержания физической глины и ила. Для другого ряда показателей (запасов карбонатов, содержания глыбистой фракции, агрономически ценных агрегатов, СВД «сухого» просеивания) отмечается смена вектора их развития во времени.

Проведенные исследования на ключевых участках агролесомелиоративных ландшафтов при замещении целины пашней, а затем пашни лесополосой позволили установить закономерности изменения мощности гумусированной части профилей, плотности почвы, положения линии вскипания, содержания и запасов гумуса.

Для расчета запасов гумуса без учета влияния фактора лесополос на почвы прилегающих пашен 150-летнего освоения, а также для реконструкции запасов гумуса в почвах на момент создания лесополос (на 95-летних пашнях), нами были ис-

пользованы сведения о средних темпах дегумификации автоморфных черноземов на изученных ранее 4 черноземных ключевых участках с помощью уравнений аппроксимации (рис. 5, табл. 3).

Таблица 2

Изменение почвенных показателей в процессе распашки черноземов лесостепи (по усредненным показателям на 4-х ключевых участках)

Показатель	Возраст распашки, лет		
	фон	100 лет	230-240 лет
Мощность гумусированной части профиля (сумма горизонтов с индексом А1), см	<b>83,6±1,0</b>	<b>79,1±1,0</b>	<b>73,2±1,1</b>
Глубина вскипания, см	<b>96,4±2,1</b>	<b>79,1±2,4</b>	<b>87,1±2,9</b>
Запасы гумуса, т/га *	225±14/483±36	189±12/442±34	180±7/391±39
Сгк:Сфк *	2,86±0,12/2,19±0,11	3,14±0,12/2,21±0,10	3,14±0,13/2,24±0,13
Запасы карбонатов, т/га *	1292±375	1763±412	1228±246
Плотность, г/см <sup>3</sup> *	<b>0,96±0,04/1,07±0,03</b>	<b>1,12±0,05/1,12±0,04</b>	1,12±0,02/1,19±0,01
Агрегаты >10 мм, % *	<b>9,7±1,3/21,5±2,7</b>	<b>43,5±5,8/40,7±2,3</b>	28,8±4,2/38,1±3,3
Агрегаты 0,25-10 мм, % *	<b>85,3±1,6/73,3±2,8</b>	<b>53,5±5,5/55,0±2,1</b>	67,6±4,4/57,7±2,9
Водопрочные агрегаты >0,25 мм, % *	52,6±8,3/42,7±7,1	39,6±6,6/40,6±7,2	40,2±10,5/40,6±8,8
СВД «сухого» просеивания, мм *	<b>3,7±0,1/4,7±0,2</b>	<b>6,5±0,4/6,2±0,2</b>	5,4±0,3/6,0±0,3
СВД «мокрого» просеивания, мм*	<b>1,2±0,2/0,8±0,1</b>	<b>0,5±0,03/0,6±0,1</b>	0,5±0,1/0,5±0,05
Физическая глина (<0,01 мм), % *	<b>43,6±1,1/47,2±0,8</b>	<b>53,0±1,9/54,2±1,0</b>	52,9±2,0/52,2±1,1
Ил (<0,001 мм), % *	<b>14,4±2,1/19,8±1,4</b>	<b>22,5±0,7/24,8±0,2</b>	22,1±1,4/24,7±0,9

Примечания те же, что в табл. 1.

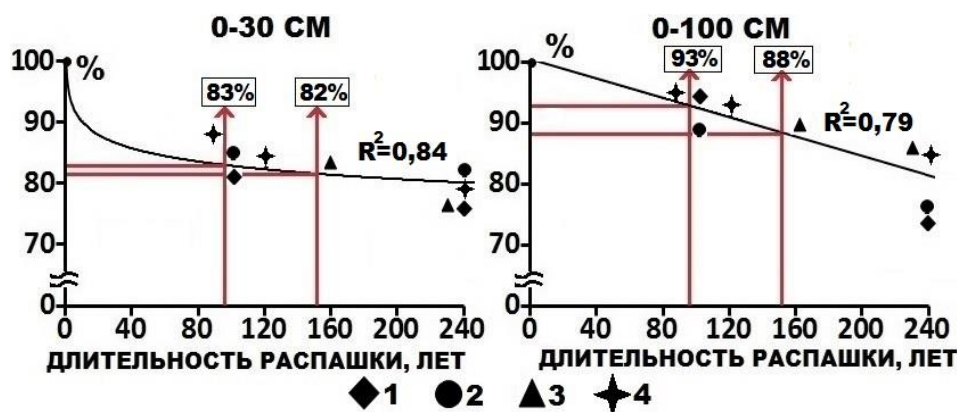


Рис. 5. Изменение во времени запасов гумуса в автоморфных пахотных черноземах лесостепи, % от целинных запасов. Ключевые участки: 1 – «Юрьевка», 2 – «Жимолостное», 3 – «Сафоновка», 4 – «Верхопенье» (значения над стрелками соответствуют периодам распашки 95 лет и 150 лет)

Проведенный анализ позволил установить следующее (см. табл. 3). Пахотные черноземы отличаются от целинных достоверно меньшей мощностью гумусированной толщи, а также более высокой линией вскипания, черноземы же под лесополосами отличаются от пахотных достоверно большей мощностью гумусированной толщи, а также более глубоким залеганием карбонатов. Отмечается тенденция разуплотнения почвенной толщи под лесополосами при сравнении с пашней. Под

лесополосами обнаруживается накопление запасов гумуса как в гор. Апах, так и по всему метровому почвенному профилю при сравнении данных почв с пахотными и целинными аналогами; за весь период существования лесополос (55 лет) среднегодовой прирост запасов гумуса в метровой толще почв под лесополосами составлял 1,2-2,7 т/га (в среднем 1,9 т/га).

Таблица 3

Изменение почвенных показателей в системе «целина-пашня-лесополоса»  
(по усредненным показателям на 3-х ключевых участках)

Показатель	Угодье			
	целина	пашня 95 лет перед созданием лесополос (реконструкция)	пашня 150 лет	лесополо- са
Мощность гумусированной части профиля (сумма горизонтов с индексом А1), см	<b>73,8±0,7</b>	нет данных	<b>63,6±0,9</b>	<b>75,2±1,4</b>
Глубина вскипания, см	<b>88,2±2,2</b>	нет данных	<b>62,4±2,2</b>	<b>78,0±0,9</b>
Плотность слоя 0-30 см, г/см <sup>3</sup>	0,88±0,04	нет данных	1,01±0,05	0,93±0,06
Запасы гумуса, т/га				
0-30 см	239,5±13,1	198,7±10,9	<u>206,9±9,4</u> 196,4±10,8	226,1±9,5
0-100 см	516,6±50,3	480,4±46,7	<u>506,0±16,7</u> 454,6±44,2	583,9±49,0

Примечание: Жирным шрифтом выделены достоверные отличия показателей при сравнении соседних членов агролесомелиоративной системы («целина-пашня-лесополоса»); для угодья «пашня 150 лет» в числителе приводятся реальные значения запасов гумуса в почвах рядом с лесополосами, а в знаменателе – значения, рассчитанные по тренду снижения гумусированности автоморфных черноземов агроландшафтов без влияния лесополос (согласно рис. 5).

## Глава 5. Общие закономерности агрогенной трансформации почв и почвенного покрова Центральной лесостепи

Приводятся результаты использования разработанной автором методики комплексного анализа данных почвенно-агрохимического мониторинга с учетом карто-схемы возраста земледельческого освоения территории, построенной с использованием разновременных картографических материалов и ГИС-анализа. Выполнен сравнительный анализ направленности и стадийности агрогенной трансформации двух изученных зональных типов почв лесостепи.

Используя средневзвешенное содержание гумуса в гор. Апах по пяти турам агрохимического обследования (1984 (1989)-(2005) 2009 гг., (между каждым туром обследования – 5 лет) были построены картограммы, отражающие пространственно-временную динамику содержания гумуса в гор. Апах почв Белгородской области за 20-летний период. В результате проведенного исследования нами были получены тренды изменения содержания гумуса в гор. Апах четырех наиболее распространенных в Белгородской области почвенных разностей (рис. 6): серых лесных почв, черноземов выщелоченных, типичных и обыкновенных.

Из рис. 6 видно, что для разных почв Белгородской области характерны три вида тренда изменения во времени содержания гумуса в гор. Апах: 1) стабилизационный (черноземы выщелоченные и типичные), 2) деградационный (черноземы обыкновенные), 3) проградационный (серые лесные почвы).

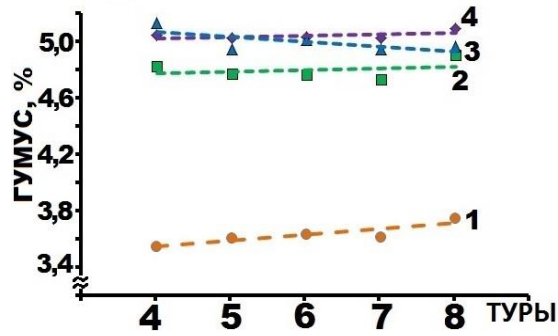


Рис. 6. Тренды изменения содержания гумуса в гор. Апах почв Белгородской области за 4-8 туры агрохимического обследования: 1) серые лесные почвы, 2) черноземы выщелоченные, 3) черноземы обыкновенные, 4) черноземы типичные. Каждая точка на графиках является средним арифметическим из 150 значений показателя

На основании разности содержания гумуса в гор. Апах между 4 (1984-1989 гг.) и 8 (2005-2009 гг.) турами агрохимического обследования нами была построена картограмма пространственно-временного изменения содержания органического вещества в агропочвах Белгородской области за 20-летний период их сельскохозяйственного использования (рис. 7).

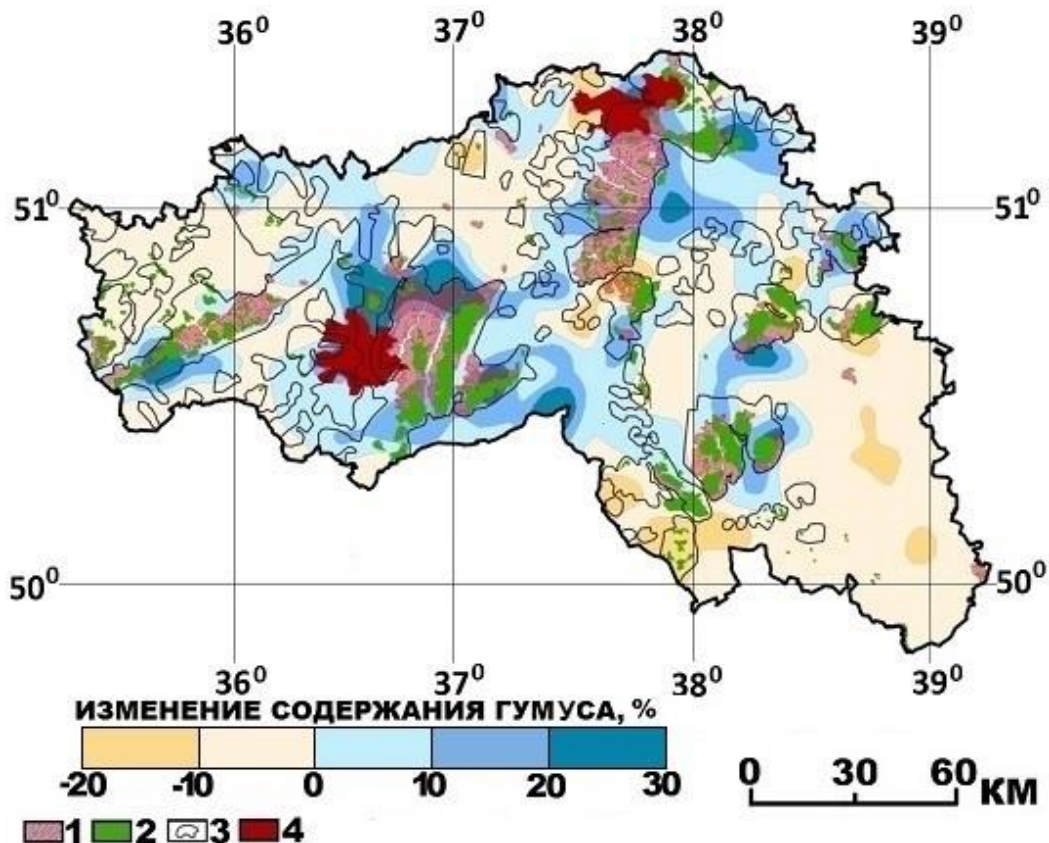


Рис. 7. Картограмма пространственно-временного изменения содержания гумуса в гор. Апах почв агроландшафтов Белгородской области за 20-летний период (1984(1989) – 2005(2009) гг.): 1 – ареалы серых лесных почв, 2 – ареалы современных лесов, 3 – ареалы лесов в 17 веке (по данным Ю.Г. Чендева, 2008), 4 – городские агломерации. Изменение содержания гумуса отображено в % от содержания в 1980-х гг. (составлено автором)



Из данной картограммы видно, что участки относительного увеличения содержания гумуса приурочены к местам распространения почв лесного генезиса (серых и темно-серых лесных почв). Это служит очередным подтверждением обнаруженной ранее закономерности улучшения в процессе распашки гумусного состояния пахотных серых лесных почв лесостепи. Также прослеживается очевидная сопряженность ареалов положительного баланса гумуса в почвах пашни с распространением лесов в «докультурный» период (в 17 веке) (см. рис. 7).

Дозы вносимых органических удобрений в местах выявленного относительного увеличения содержания гумуса были ниже рекомендуемой нормы, необходимой для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах (рис. 8).

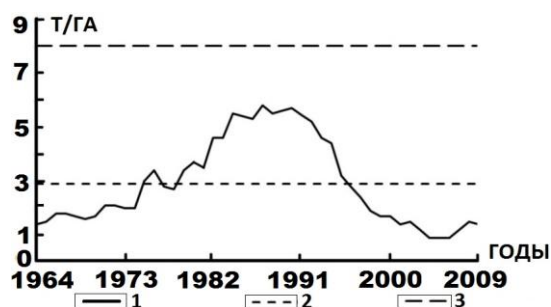


Рис. 8. Усредненная характеристика динамики внесения органических удобрений в пахотные почвы на участках с относительным увеличением содержания гумуса в период 4-8 туров агрохимического обследования почв (см. рис. 7): 1 – внесение подстилочного навоза, 2 – средняя многолетняя величина внесения подстилочного навоза, 3 – средняя рекомендуемая доза внесения подстилочного навоза (составлено по данным из работы С.В. Лукина, 2016)

Таким образом, исследования на новых ключевых участках, а также сравнительный анализ гумусного состояния почвенного покрова пашни Белгородской области за период между 4 и 8 турами агрохимического обследования подтверждают полученные ранее выводы об улучшении гумусированности длительно и экстенсивно осваиваемых серых лесных почв лесостепи (Савин, Чендев, 1994; Муха, Сулима, 2004; Чендев, 2008). Это выводит полученные результаты с уровня обнаруженной ранее тенденции на уровень выявленной закономерности.

На дальнейшем этапе изучения пространственно-временных особенностей изменения почв агроландшафтов была построена карта длительности земледельческого освоения степных, лугово-степных и лесных участков Белгородской области (рис. 9).

Карта длительности освоения участков анализировалась сопряжено с почвенной картой Белгородской области, а также с картограммами содержания гумуса в почвах пашни 4-8 туров агрохимического обследования (рис. 10).

Выявлено, что на старой пашне, ранее представлявшей собой лесные участки, содержание гумуса выше, чем на молодых пашнях на месте таких же естественных угодий в «докультурный» период. На участках, ранее бывших лугово-степными угодьями, картина обратная: на старых пашнях содержание гумуса ниже, чем на молодых пашнях (см. рис. 10).

Полученные результаты свидетельствуют об улучшении гумусированности почв пашен на участках, представлявших собой в прошлом широколиственные леса, и о развитии дегумификации черноземов на пашнях, являвшихся в прошлом луговыми степями в лесостепном ландшафте.

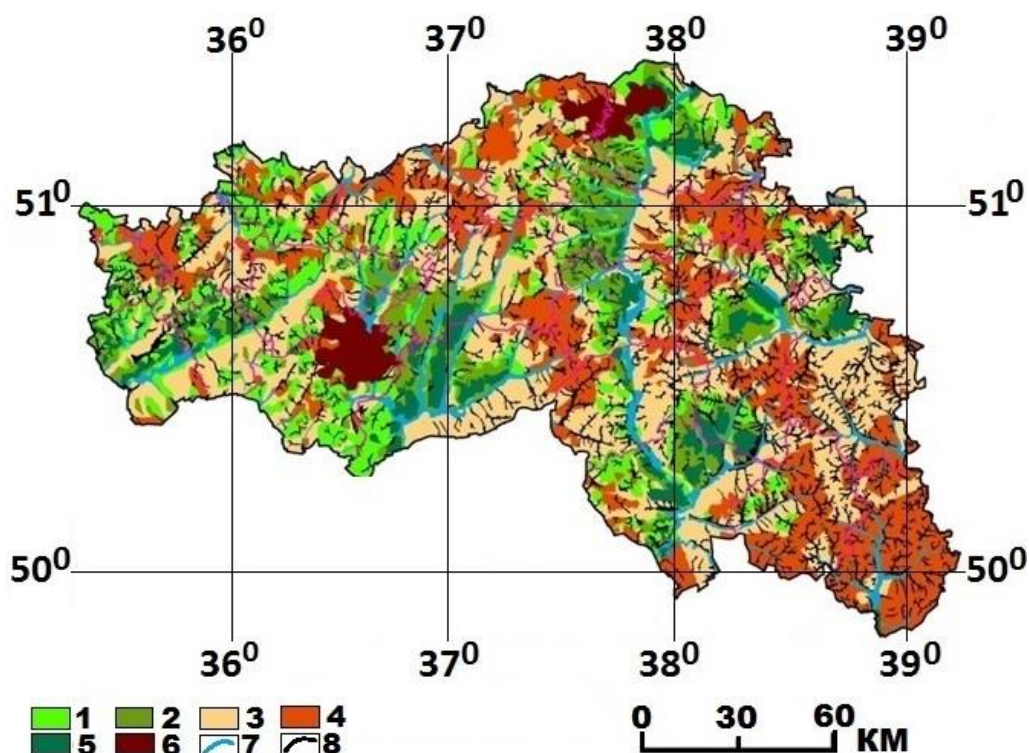


Рис. 9. Длительность сельскохозяйственного освоения степных, лугово-степных и лесных ландшафтов Белгородской области. Условные знаки: ареалы 1, 2 сведенных лесов и 3, 4 - распаханых степей. Периоды распашки территории: 1 – 17 - конец 18 вв., 2 - конец 18 - начало 20 вв., 3 – 17 - конец 18 вв., 4 – конец 18 - конец 19 вв. 5 – современные леса, 6 - городские агломерации, 7 – речные долины, 8 – балочный комплекс (составлено Е.А. Заздравных и Ю.Г. Чендевым по разновременным картографическим материалам)

Для оценки изменения компонентного состава почвенного покрова территорий, покрытых в прошлом лесами, были сопряженно проанализированы почвенная карта и карта длительности сельскохозяйственного освоения Белгородской области. Проведенный анализ позволил установить, что с увеличением возраста сельскохозяйственного освоения территорий, покрытых в прошлом лесами, в почвенном покрове происходят возрастание доли черноземных почв и уменьшение доли почв лесного генезиса (рис. 11).

Изучение пространственно-временной трансформации пахотных серых лесных почв и черноземов позволило установить черты сходства и различия их развития в результате длительного (более 200 лет) сельскохозяйственного использования.

Генеральный тренд развития пахотных серых лесных почв характеризует их очерноземливание и повышение гумусированности, тогда как в агрочерноземах происходит направленная деградация их гумусного состояния. Общими трендами в распахиваемых зональных типах лесостепных почв являются усиление переработки почвенной толщи землероями и развитие процесса трещинообразования. Сходством характеризуется стадийность изменения пахотных серых лесных почв и черноземов. Первая стадия охватывает период 0-100 лет распашки, вторая стадия – последующие 100 и более лет распашки. Первая стадия характеризуется более высокой интенсивностью протекания почвообразовательных процессов (проградационных для пахотных серых лесных почв и деградационных для пахотных черноземов), а вторая стадия имеет три варианта развития: 1) затухающий замедляющийся, 2) зату-



хающий стабилизационный, 3) варьирующий разнонаправленный. Последний вариант, общий для агрогенной трансформации серых лесных почв и черноземов, отражает процесс структурообразования (см. табл. 1, 2). Также выявлены другие индивидуальные для рассматриваемых типов почв процессы, развитие которых происходит в соответствии с указанным третьим вариантом стадильности (см. табл. 1, 2).

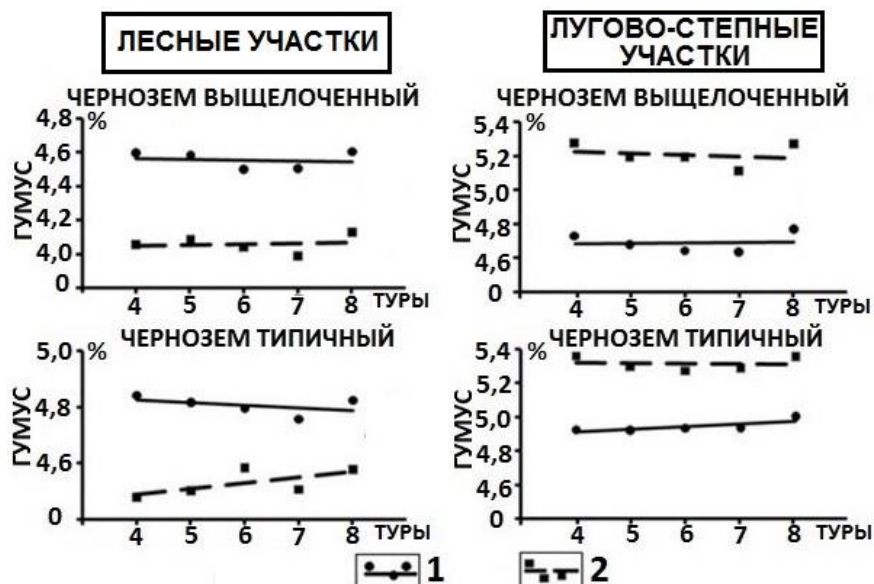


Рис. 10. Изменение содержания гумуса в слое Апах черноземных почв разного возраста освоения: 1 – старая пашня (для лугово-степных и лесных участков – 310 лет), 2 – молодая пашня (для лесных участков – 150 лет, для лугово-степных участков – 170 лет). Каждая точка на графиках является средним арифметическим из 50-100 значений показателя



Рис. 11. Изменение компонентного состава почвенного покрова широколиственно-лесных территорий лесостепи Белгородской области на участках с разной длительностью распашки, % от общей площади: Сл - серые лесные почвы, Тсл - темно-серые лесные почвы, Чоп - черноземы оподзоленные, Чв - черноземы выщелоченные, Чт - черноземы типичные

В системе «целина-пашня-лесополоса» агролесомелиоративных участков лесостепи были выявлены две противоположно направленные стадии почвообразования: 1) деградационная стадия «целина-пашня», которая характеризуется уменьшением мощности гумусированной толщи, снижением содержания и запасов гумуса, повышением линии вскипания, 2) проградационная стадия «пашня-лесополоса», в которую происходит выщелачивание от карбонатов, а также активизация гумусо-

аккумулятивного процесса, приводящего к росту мощности гумусированной толщи, содержания и запасов гумуса в почвенных профилях.

## ВЫВОДЫ

1. Агрогенная трансформация автоморфных зональных почв лесостепи характеризуется генеральными трендами развития (проградационными для пахотных серых лесных почв и деградационными для пахотных черноземов) и стадиальностью. Стадиальность проявляется в изменении интенсивности и направленности различных профилообразующих почвенных процессов. В первую стадию освоения (0-100 лет распашки) отмечается высокая интенсивность протекания изученной комбинации почвообразовательных процессов. На второй стадии освоения (более 100 лет распашки) реализуются три варианта развития почв – замедление, стабилизация и смена направленности почвенных процессов. Данные варианты предлагается назвать: 1) затухающим замедляющимся, 2) затухающим стабилизационным, 3) варьирующим разнонаправленным.

2. Генеральные тренды развития пахотных серых лесных почв лесостепи направлены в сторону черноземообразования: возрастает мощность гумусированной части профиля, усиливаются биотурбации в почвенной толще, увеличиваются запасы гумуса, происходит окарбонирование почвенных профилей, ослабляется текстурная дифференциация профиля агропочв. За 220 лет непрерывного земледельческого освоения средняя скорость увеличения запасов гумуса в автоморфных серых лесных почвах оценивается в гор. Апах в  $1,7 \pm 0,3$  т/га в 10 лет, а в метровой толще – в  $2,2 \pm 0,3$  т/га в 10 лет.

3. Генеральные тренды развития пахотных черноземов приводят к деградации их гумусного состояния: уменьшается мощность гумусированной толщи, снижаются содержание и запасы гумуса. Средняя скорость дегумификации в гор. Апах лесостепных агрочерноземов составляет  $2,0 \pm 0,2$  т/га в 10 лет, а в метровой толще –  $3,9 \pm 0,6$  т/га в 10 лет.

4. В почвах полезащитных лесонасаждений лесостепной зоны происходит аккумуляция углерода органического вещества почвы. В связи с этим агролесомелиоративные мероприятия получают дополнительную целесообразность – особенно на участках распространения пахотных лугово-степных черноземов, которые среди зональных лесостепных почв в максимальной степени были подвержены агрогенной деградации.

### Список работ, опубликованных по теме диссертации Статьи в ведущих изданиях, соответствующих перечню ВАК

1. Накопление органического углерода в черноземах (моллисолях) под полезащитными лесными насаждениями в России и США / Ю.Г. Чендев, Т.Д. Соэр, А.Н. Геннадиев, Л.Л. Новых, А.Н. Петин, В.И. Петина, **Е.А. Заздравных** и др. // Почвоведение. – 2015. – № 1. – С. 49-60.

2. Оценка запасов и баланса органического углерода в экосистемах лесополос Восточно-Европейской лесостепи / Ю.Г. Чендев, Т.Д. Соэр, Р.Б. Холл, А.Н. Петин, Л.Л. Новых, **Е.А. Заздравных** и др. // Проблемы региональной экологии. - 2013. - №4. – С. 7-14.

3. Тенденции и закономерности антропогенной эволюции черноземов в агролесомелиоративных ландшафтах на территории лесостепи центра Восточной Европы / Ю.Г. Чендев, А.Н. Петин, Л.Л. Новых, **Е.А. Заздравных** и др. // Проблемы региональной экологии. - 2012. - №2. - С. 7-13.

#### Статьи в прочих публикациях

4. **Заздравных, Е.А.** Эволюция гумусного состояния зональных почв Центральной лесостепи в процессе интенсивного агрогенного воздействия / Е.А. Заздравных // Academic science -problems and achievements II. – North Charleston, SC, 2013. – С. 108-110.

5. **Заздравных, Е.А.** Изменение гумусного состояния лугово-степных черноземов при смене режима землепользования: «целина-пашня-лесополоса» / Е.А. Заздравных // Ученые записки ТНУ им. В.И. Вернадского. – Симферополь: ТНУ им. В.И. Вернадского, 2013. – Т. 26 (65). – № 4. – С. 30-40.

6. **Заздравных Е.А.** Влияние лесополос на содержание гумуса в лугово-степных черноземах / Е.А. Заздравных // Современные тенденции в образовании науке. – Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. – Ч. 5. – С. 54-55.

7. **Заздравных Е.А.** Влияние распашки на важнейшие показатели гумусного состояния зональных почв Центральной лесостепи /Е.А. Заздравных, Ю.Г. Чендев // Географические и геоэкологические исследования в Украине и сопредельных территориях: сборник научных статей / Под. общ. Ред. Б.А. Вахрушева. – Симферополь ДИФЙПИ, 2013. – Т. 1. – 570 с.

8. **Заздравных, Е.А.** Изменение содержания и запасов гумуса в пахотных черноземных почвах Центральной лесостепи / Е.А. Заздравных // Регіон-2013: суспільно-географічні аспекти: матеріали науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців з міжнародною участю / Гол. ред. колегії Л.М. Немець. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – С. 370-372.

9. **Заздравных, Е.А.** Изменение гумусного состояния зональных почв Центральной лесостепи в процессе длительной распашки / Е.А. Заздравных // Ломоносов-2013: XX международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: Секция почвоведение. – М.: МАКС Пресс, 2013. – 252 с.

10. Эволюция автоморфных серых лесных почв лесостепи в результате распашки / Ю.Г. Чендев, А.Л. Александровский, О.С. Хохлова, **Е.А. Заздравных** // Сб. Геохимия почв и география ландшафтов (к 100-летию М.А. Глазовской). Доклады Всероссийской научной конференции. Москва, 4-6 апреля 2012 г. – М.: Географический факультет МГУ, 2012. – С. 353-354.

11. Зуенко, Т.Б. Сравнительный анализ структурно-агрегатного состава серых лесных почв и черноземов в агрохронорядках ключевых участков / Т.Б. Зуенко, **Е.А. Заздравных** // Регіон-2012: стратегія оптимального розвитку: матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю / Гол. ред. колегії В.С. Бакиров. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2012. – С. 276-278.

12. **Заздравных, Е.А.** Влияние агроиспользования разной продолжительности на содержание органического вещества в пахотных почвах / Е.А. Заздравных, Т.Б. Зуенко // Регіон-2012: стратегія оптимального розвитку: матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю / Гол. ред. колегії В.С. Бакиров. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2012. – С. 271-273.

13. **Заздравных, Е.А.** Агрогенная трансформация гумусного состояния автоморфных серых лесных почв Центральной лесостепи / Е.А. Заздравных, Ю.Г. Чендев // География, геоэкология, геология: VIII международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. – Киев, 2011. – С. 98-100.

14. **Заздравных, Е.А.** Изменение содержания и запасов гумуса в пахотных серых лесных почвах лесостепи / Е.А. Заздравных, Ю.Г. Чендев, Л.Л. Новых // Материалы ежегодной международной научной конференции студентов и аспирантов, посвященной памяти профессора Г.П. Дубинского. – Выпуск 4. – Харьков, 2011. – С. 45-47.

15. **Заздравных, Е.А.** Агрогенная трансформация почвенного профиля серых лесных почв в агрохроноряду «лес – пашня 100 лет – пашня 220 лет» / Е.А. Заздравных // Геоэкология и рациональное природопользование: от науки к практике: материалы II международной научно-практической конференции молодых ученых. – Белгород, 2011. – С. 24-27.

16. Влияние лесополос на органическое вещество черноземов в свете проблемы глобального изменения климата / Ю.Г. Чендев, А.Н. Петин, Л.Л. Новых, **Е.А. Заздравных** и др. – Регион – 2011: стратегия оптимального розвитку. – Харків, 2011. – С. 51-55.

17. Дивергенция антропогенной эволюции черноземов при разных типах их использования в агролесомелиоративном ландшафте Ю.Г. Чендев, А.Н. Петин, Л.Л. Новых, **Е.А. Заздравных** и др. – Регион – 2011: стратегия оптимального розвитку. – Харків, 2011. – С. 321-324.

Подписано в печать 22.03.2017. Формат 60×90/16.

Гарнитура Times New Roman. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 62.

Оригинал-макет подготовлен и тиражирован в ИД «Белгород» НИУ «БелГУ»

308015 г. Белгород, ул. Победы, 85. Тел.: 30-14-48