



УДК 631.4

ТЕНДЕНЦИИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ АНТРОПОГЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ ЧЕРНОЗЕМОВ В АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ ЛАНДШАФТАХ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРА ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

Ю. Г. Чендев,

заведующий национального исследовательского университета «БелГУ», Chendev@bsu.edu.ru

А. Н. Петин,

декан геолого-географического факультета национального исследовательского университета «БелГУ», Petin@bsu.edu.ru,

Л. Л. Новых,

доцент национального исследовательского университета «БелГУ», Novyikh@bsu.edu.ru,

Е. А. Заздравных,

аспирант национального исследовательского университета «БелГУ», genp-86@yandex.ru,

Т. Д. Соэр,

почвовед-исследователь национальной лаборатории сельского хозяйства и окружающей среды
Департамента сельского хозяйства США, Tom.Sauer@ARS.USDA.GOV,

Р. Б. Холл,

профессор департамента экологии природных ресурсов и природопользования университета штата Айова, США, rbhall@iastate.edu

На трех лугово-степных участках лесостепи изучена антропогенная эволюция черноземов в результате распашки и при создании лесополос. Установлено, что на всех участках наблюдаются сходные закономерности, обусловленные сменой целины пашней, а пашни или целинного угодья — лесополосой. За 140–150-летний период распашки в черноземах происходило снижение мощности гумусовых профилей и повышение линии вскипания. Смена пахотных угодий лесополосами и длительное функционирование черноземов под древесной растительностью привели к дивергенции трендов агрогенной и «лесной» эволюции морфогенетических признаков черноземов. Стабильное состояние запасов органического вещества черноземов под 55–57-летними лесополосами позволяет предполагать, что основным источником углерода, содержащегося в растительном покрове лесополос (в первую очередь, в древесной растительности), служит углекислый газ атмосферы.

The anthropogenic evolution of chernozems as a result of plowing and the creation of forest shelterbelts on the three meadow-steppe areas of forest-steppe were studied. It was established, that in all areas there are similar patterns, caused by the transformation of virgin soils into arable soils and virgin — arable soils into shelterbelt's soils. The reduction of humus profiles thickness and decrease in depth of effervescence during the 140–150-yr period of the chernozems cultivation took place. The change of the arable lands into the forest shelterbelts and long-term operation of chernozems under forest vegetation led to divergence of trends of agrogenic and «forest» evolution of the chernozems morphogenetic properties. The stable condition of the reserves of organic carbon in chernozems under 55–57-year-old forest belts allows to assume, that the main source of carbon contained in the vegetation cover of shelterbelts (in the first place, in the wood vegetation), serves as a carbon dioxide atmosphere.

Ключевые слова: лесополосы, черноземы, целина, пашня, гумусовый профиль, агрогенные изменения почв, дивергенция эволюции почв

Keywords: shelterbelts, chernozems, virgin land, arable land, humus profile, agrogenic transformation of soils, divergence of the evolution of soils.

В комплексе мер по стабилизации и улучшению экологической обстановки, повышению продуктивности сельского хозяйства защитное лесоразведение является самым эффективным и долговременно действующим средством [1–3 и др.]. В то же время существует ряд дискуссионных вопросов, требующих дальнейшего изучения. В частности, неоднозначно трактуется вопрос о роли лесополос в трансформации морфогенетических и других признаков почв [4–6 и др.]. В последнее время, при обсуждении проблемы глобального потепления климата, практика агролесомелиорации все чаще изучается с позиций определения количества изъятых атмосферного углерода искусственными биогеоценозами лесополос [7–8 и др.]. Указанными аспектами определяется актуальность проведенного нами исследования.

Главными объектами исследования являются автоморфные лугово-степные

черноземы лесостепи Среднерусской возвышенности и их гумусовое состояние в целинных экосистемах, на пашнях и под полевосаженными лесополосами. При выборе ключевых участков авторы руководствовались следующими обязательными требованиями:

— участки должны находиться в разных климатических условиях лесостепи Среднерусской возвышенности;

— в геоморфологическом отношении участки должны соответствовать абсолютно ровным водоразделам;

— на всех участках в пределах ареала одной естественной почвенной разности в непосредственной близости друг от друга, должны находиться угодья трех видов: целинная луговая степь, пашня, лесополоса.

Желательными условиями также являлись близкие хронологические рамки этапов хозяйственного освоения территорий (возраст распашки степей и время создания лесополос), возникновение лесополос на месте пахотных угодий, близкая ширина лесополос.

В результате проведения поисковых работ, в качестве базовых нами были идентифицированы три участка, расположенные в непосредственной близости от охраняемых лугово-степных ландшафтов лесостепи: 1 — рядом с Центрально-Черноземным заповедником им. В. В. Алехина (участок «Стрелецкая степь»), 2 — рядом и на территории заповедника «Белогорье» (участок «Ямская степь»), 3 — на территории государственного природного заказника «Каменная степь» (участок «Каменная степь»).

История хозяйственного освоения и возраст распашки почвенного покрова изучались путем опроса сотрудников научных учреждений, работающих в непосредственной близости от ключевых участков исследования, а также с помощью историко-картографического метода. Нами были использованы разновременные картографические материалы крупного масштаба, созданные в конце XVIII в. (период Генерального межевания, планы-атласы уездов), во второй половине XIX в. (военно-топографические карты), и в конце XX в. (современные топографические карты).

Время создания лесополос уточнялось с помощью дендрохронологического метода — путем подсчета годичных колец в кернах, извлеченных из стволов деревьев возрастным буром.

Исследование почв производилось путем заложения разрезов и бурения почвенных скважин. В пределах каждого ключевого участка

почвы изучались на четырех угодьях в двух точках опробования на каждом из них: на целинном участке, под лесополосой, на двух пахотных участках, примыкающих к лесополосе с разных сторон. Расстояние между парными точками опробования составляло 10 м. Строевые профили пахотных почв изучались на удалении 10 м от края лесополос.

Главные климатические характеристики исследуемых участков отражены в табл. 1. В сравнительно влажной северной части лесостепной зоны («Стрелецкая степь») годовое количество осадков составляет 580 мм, в типичной лесостепи («Ямская степь») — 530 мм, на крайнем юге лесостепной зоны («Каменная степь») величина годового количества осадков снижается до 480 мм.

Исследования проводились на ровных водоразделах с абсолютной высотой поверхности 190—230 м. Целинными почвами на территории исследуемых участков являются черноземы, которые представлены разными подтипами: в «Стрелецкой степи» — черноземы выщелоченные среднесуглинистые, в «Ямской степи» — черноземы типичные средне- и тяжелосуглинистые, в «Каменной степи» — черноземы обыкновенные тяжелосуглинистые, близкие к глинистым.

Породный состав древесной растительности в лесополосах следующий: тополь черный и береза («Стрелецкая степь»); клен американский («Ямская степь»); дуб черешчатый и тополь черный («Каменная степь»). Возраст и ширина лесополос на всех изученных участках примерно одинаковые: лесопосадки созданы в середине 1950-х гг.; средняя ширина лесополос составляет 25 м (5—6-рядные лесонасаждения). На участках «Стрелецкая степь» и «Каменная степь» лесополосы были заложены на месте пахотных угодий, а на участке «Ямская степь», согласно нашему предположению, на месте фрагмента степной целины, с двух сторон окруженного пашнями. Под поло-

Таблица 1
Климатические показатели
ключевых участков исследования

Участок	Осадки, год, мм	Среднегодовая температура, °С	Гидротермический коэффициент
«Стрелецкая степь»	580	+5,3	1,2
«Ямская степь»	530	+5,6	1,1
«Каменная степь»	480	+5,8	1,0

гом лесополос на поверхности почв формируется мертвый покров из лесной подстилки с полным или почти полным отсутствием трав. Согласно результатам исследования истории хозяйственного освоения территории, на участках «Стрелецкая степь» и «Ямская степь» возраст распашки почв на полях, примыкающих к лесополосам, составляет около 140 лет, а на участке «Каменная степь» — 140—150 лет (примерно 145 лет).

Результаты изучения ряда морфогенетических свойств, характеризующих профили исследованных черноземов, приводятся в табл. 2. На всех участках наблюдаются сходные закономерности, обусловленные сменой целины пашней, а пашни или целинного угодья — лесополосой: пахотные черноземы отличаются от целинных меньшей мощностью гумусовых горизонтов и гумусовых профилей, а также более высокой линией вскипания; черноземы же под лесополосами отличаются от пахотных и целинных аналогов большей мощностью гумусовых профилей, а также, как правило, более глубоким залеганием карбонатов. Главным механизмом указанных изменений, на наш взгляд, является эволюционная смена климатических режимов почв.

На пашне по сравнению с целиной почвенный климат становится более «теплым» и «сухим» [9, 10], обуславливающим подтяжку почвенных карбонатов к поверхности, растрескивание почв и засыпку в трещины материала гумусовых горизонтов, что способствует снижению мощности гумусового горизонта и в целом — гумусового профиля черноземов [11]. После замещения пашни или лугово-степной целины лесным насаждением почвенный климат становится более «прохладным и влажным» [4], стимулирующим выщелачивание, опускание линии вскипания, нисходящую миграцию гумуса и рост мощности гумусовых горизонтов и профилей. Дополнительной причиной снижения мощности гумусоаккумулятивной части профиля черноземов на пашне является возрастание плотности их сложения из-за уплотнения сельскохозяйственной техникой и дегумификации, а причиной увеличения мощности под искусственными лесопосадками — улучшение структурного состояния их верхней части в результате разрыхления почвы корнями деревьев и кустарников, дождевыми червями и насекомыми.

Зная возраст пашен и лесополос, можно рассчитать средние скорости изменения во времени изучаемых морфометрических пока-

зателей лугово-степных черноземов. Так, по нашим данным, за 140—145 лет агрогенной эволюции скорость сокращения мощности гумусовых горизонтов автоморфных черноземов составила 0,4 см/10 лет, их гумусовых профилей — 0,6 см/10 лет, интенсивность поднятия линии вскипания оценивалась величиной 2,1 см/10 лет. В соответствии с ранее проведенным нами анализом массовых замеров морфометрических свойств пахотных черноземов типичных на ровных водоразделах восточной части Белгородской области [11], в интервале возраста их распашки 140—240 лет действительно были установлены сокращение мощности гумусовых профилей (со скоростью 0,4 см/10 лет) и поднятие верхней границы карбонатов (со скоростью 0,9 см/10 лет). Ряд других авторов также отмечает факт снижения мощности гумусоаккумулятивной части профилей в длительно осваиваемых автоморфных почвах на территории лесостепной и степной зон Восточной Европы. По сведениям И. В. Иванова и Е. Д. Табанаковой [12] ско-

Таблица 2

Морфометрические признаки
изученных почв

Почвенный признак	Угодье		
	Целина	Пашня	Лесополоса
Участок «Стрелецкая степь»			
Мощность гумусового горизонта (A1), см	48	45	55
Мощность гумусового профиля (A1 + A1B), см	76	63	80
Глубина вскипания, см	108	60	80
Участок «Ямская степь»			
Мощность гумусового горизонта (A1), см	56	44	50
Мощность гумусового профиля (A1 + A1B), см	85	85	100
Глубина вскипания, см	81	55	90
Участок «Каменная степь»			
Мощность гумусового горизонта (A1), см	48	42	55
Мощность гумусового профиля (A1 + A1B), см	86	70	92
Глубина вскипания, см	82	65	110
Средние значения по всем участкам (n = 6)			
Мощность гумусового горизонта (A1), см	49,8±1,8	43,8±1,5	53,3±2,5
Мощность гумусового профиля (A1 + A1B), см	81,0±2,6	72,5±5,1	90,7±2,5
Глубина вскипания, см	90,2±6,2	60,0±3,6	95,0±5,9

рость данного процесса на протяжении последних столетий составляла 0,12 см/10 лет. Повторные исследования почв на реперных точках В. В. Докучаева выявили, что за период с 1876 по 1996 г. гумусоаккумулятивные профили автоморфных лесостепных подтипов пахотных черноземов сокращались в среднем со скоростью 0,25 см/10 лет [13].

Согласно показателям, выявленным на участках «Стрелецкая степь» и «Каменная степь», за 55—57-летний период произрастания лесополос, возникших на месте пашен (с учетом реконструкций состояния почв к моменту создания лесополос по рассчитанным ранее скоростям их агрогенных изменений), в черноземах под лесополосами происходили изменения морфометрических свойств со следующей интенсивностью: рост мощности гумусовых горизонтов — 1,6 см/10 лет; рост мощности гумусовых профилей — 2,5 см/10 лет; понижение линии вскипания — 2,0 см/10 лет.

Таким образом, по ряду морфометрических показателей в профилях лугово-степных черноземов лесостепи обнаружена дивергенция направленности их антропогенной эволюции при разных типах использования («целина—пашня», «пашня—лесополоса»). В результате смены пахотных угодий лесополосами выявляется большая интенсивность изменения во времени мощности гумусовых горизонтов и профилей (в 4 раза) по сравнению с интенсивностью их преобразования в агроландшафте. Однако по интенсивности изменения во времени глубины вскипания (при разной направленности протекания процесса в агроландшафтах и под лесополосами) таких различий обнаружено не было. Для более точной иден-

тификации интенсивности и раскрытия вероятной стадийности процессов преобразования морфогенетических свойств черноземов при разных типах их использования в агролесомелиоративных ландшафтах, требуется проведение дополнительных исследований.

Важным этапом проведенного нами исследования являлся анализ гумусового состояния почв изучаемых угодий, а также выявление направленности и интенсивности изменения во времени в почвах запасов органического углерода при смене целины пашнями, а пашен — лесополосами.

Данные о содержании и распределении гумуса в исследованных черноземах приведены в табл. 3 и на рис. 1.

На пашнях 140—145-летнего возраста на всех изученных нами участках обнаружено снижение содержания гумуса в верхних почвенных горизонтах по сравнению с идентичными слоями фоновых (целинных) черноземов (табл. 3, рис. 1). В более влажных климатических условиях лесостепи (на участках «Стрелецкая степь» и «Ямская степь»), судя по профильному распределению в почвах содержания гумуса, агрогенная дегумификация почв распространилась до глубины 50—60 см, тогда как в более континентальных климатических условиях лесостепи (на участке «Каменная степь») дегумификацией оказался охваченным лишь верхний 30-см слой почв, соответствующий пахотному горизонту (рис. 1). Глубже зон агрогенной дегумификации в профилях исследованных почв обнаруживаются зоны накопления гумуса — в более прохладных и влажных обстановках лесостепи — на большей глубине, а в более засушливых и теплых обстановках — на меньшей глубине (рис. 1). Зоны накопления (иллювирирования) гумуса генетически связаны с распашкой почв и о них имеются упоминания в литературе [11, 14].

Как видно из табл. 3 и рис. 1, в слое почвы 0—30 см под лесополосами на участках «Стрелецкая степь» и «Каменная степь» отмечается пониженное по сравнению с целинными черноземами содержание органического вещества. Это может быть связано с тем, что до создания лесополос черноземы длительное время распахивались и потеряли значительную часть запаса гумуса. Под лесополосой на участке «Ямская степь» данная тенденция не была выявлена, так как на данном участке до создания лесополосы вместо пашни мог существовать фрагмент лугово-степной целины, окруженной пахотными угодьями.

Таблица 3

Содержание гумуса в исследованных почвах, абс. %

Слой	Угодье		
	целина	пашня	лесополоса
«Стрелецкая степь»			
0—30 см	6,20	4,90	5,58
0—100 см	3,92	3,34	4,17
«Ямская степь»			
0—30 см	6,91	5,64	8,03
0—100 см	4,82	4,31	5,68
«Каменная степь»			
0—30 см	7,72	6,15	7,23
0—100 см	4,83	4,04	4,98

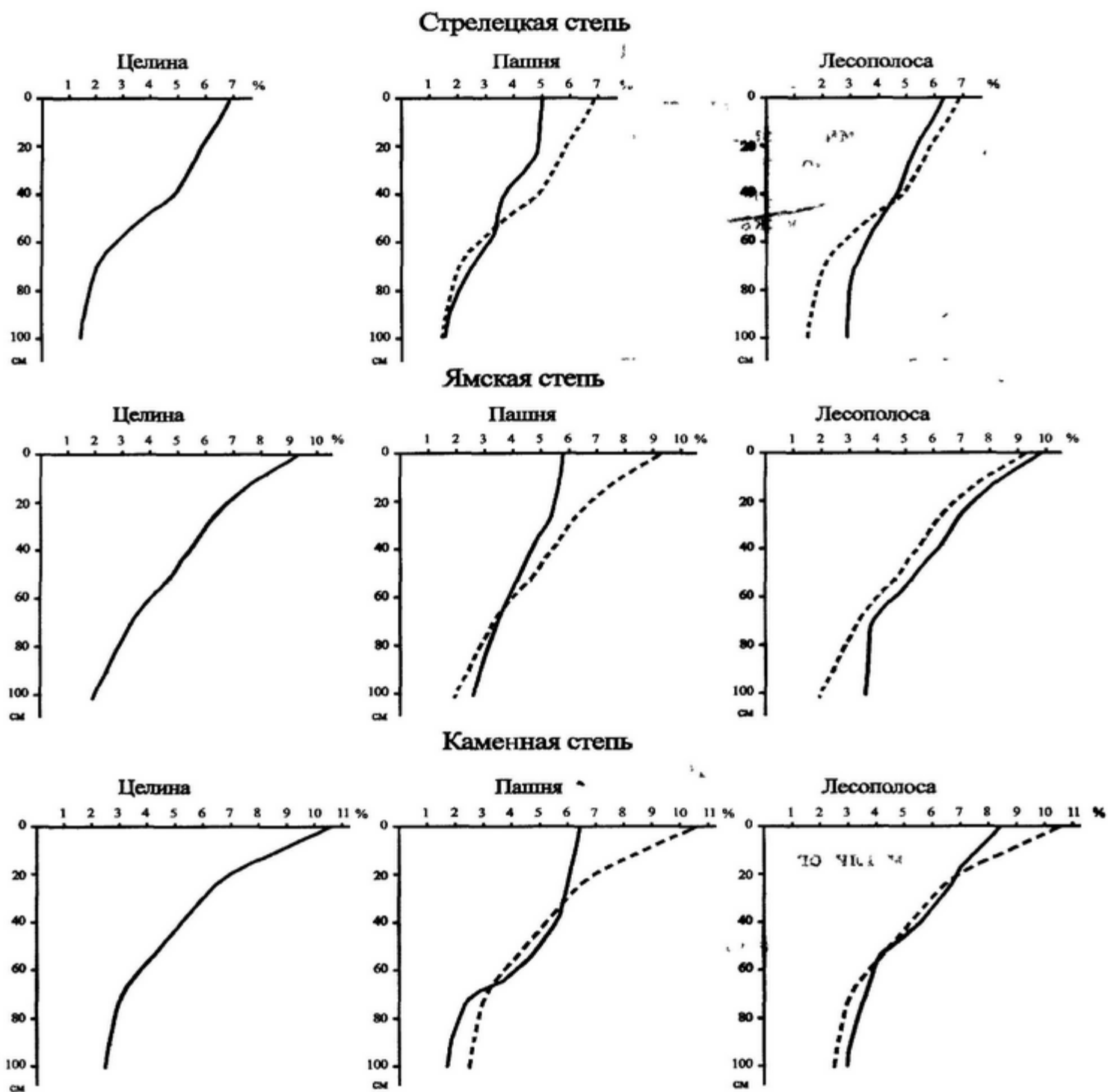


Рис. 1. Распределение содержания гумуса в профилях изученных почв. На графиках пахотных почв и почв под лесополосами пунктиром изображено распределение показателя в целинных черноземах

Для уточнения различий почв сравниваемых угодий по запасам органического углерода (из-за возможных погрешностей, связанных с определенной удаленностью целинных угодий от мест исследования агролесомелиоративных ландшафтов) нами была выполнена реконструкция данного показателя в почвах пашен и под лесополосами до начала распашки (140—145 лет назад) и до момента создания лесополос (55—57 лет назад). Для этой цели мы использовали результаты наших исследований, в которых была установлена зависимость между возрастом распашки и запасами органического углерода в автоморфных лесополосных почвах.

степных черноземах средне- и тяжелосуглинистого механического состава (рис. 2). С учетом известного возраста распашки черноземов и возраста лесополос на изученных нами ключевых участках, мы, используя экстраполяцию, произвели реконструкцию запасов органического углерода почв (табл. 4). Оказалось, что по данному показателю в слое 0—30 см черноземы под лесополосами современного периода практически не отличаются от черноземов, существовавших к моменту создания лесополос. На участке «Стрелецкая степь» до закладки лесополосы запасы органического углерода могли составлять 89 т/га, в почве

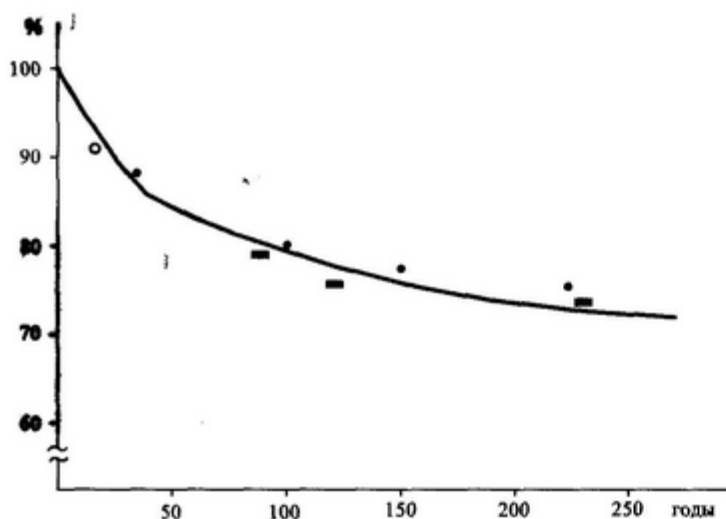


Рис. 2. Изменение во времени запасов гумуса в слое 0—30 см пахотных лесостепных черноземов на равных водоразделах центра Восточной Европы (в % от запасов в целинных черноземах).

Почвы: 1 — черноземы выщелоченные среднесуглинистые (Ивнянский район Белгородской области); 2 — черноземы типичные тяжелосуглинистые (Губкинский район Белгородской области); 3 — черноземы типичные тяжелосуглинистые (Прохоровский район Белгородской области)

современной лесополосы запасы составляют 90 т/га; на участке «Каменная степь» рассматриваемые показатели равны 102 т/га и 102 т/га соответственно; на участке «Ямская степь» в целинном черноземе запасы органического углерода могли оцениваться величиной 139 т/га, тогда как в черноземе под современной лесополосой данный показатель составляет 142 т/га (табл. 4).

Следовательно, 55—57-летнее пребывание лесной растительности на черноземах в условиях Центральной лесостепи Восточно-Европейской равнины не привело к деградации их гумусового состояния. Установленный нами, близкий к нулевому, баланс органического вещества черноземов под лесополосами, позволяет предполагать, что основным источником углерода, содержащегося в растительном покрове лесополос (в первую очередь, в древесной растительности), служит углекислый газ атмосферы. Таким образом, есть основания считать, что полезащитные лесополосы являются экосистемами, активно ассимилирующими атмосферный углерод. Поэтому увеличение площадей, занятых ими, может сыграть заметную роль в решении проблемы глобального потепления климата, вызванного парниковым эффектом. Дополнительным преимуществом увеличения площадей лесополос в степной и лесостепной зонах Северных материков должно стать улучшение микроклимата в агроланд-

шафтах и повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

На основании результатов проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. На трех ключевых участках, изученных в различных регионах лесостепи центра Восточно-Европейской равнины, изменения во времени ряда свойств пахотных автоморфных лугово-степных черноземов подчинялись идентичным закономерностям. За 140—150-летний период распашки в черноземах происходило снижение мощности гумусовых профилей со средней интенсивностью 0,6 см/10 лет и повышение линии вскипания со средней интенсивностью 2,1 см/10 лет. За указанный период средняя интенсивность агрогенных потерь органического углерода в слое 0—30 см исследованных черноземов составила 2,1 т/га в 10 лет.

2. Смена пахотных угодий лесополосами и длительное функционирование черноземов под древесной растительностью привели к дивергенции трендов агрогенной и «лесной» эволюции морфогенетических признаков черноземов. В течение 55—57-летнего периода пребывания черноземов под лесополосами средняя интенсивность роста мощности их гумусовых профилей составила 2,5 см/10 лет, а скорость понижения линии вскипания — 2,0 см/10 лет.

3. За более чем полувековой период почвообразования под лесополосами в Курской, Белгородской и Воронежской областях, запасы органического углерода в слое 0—30 см черноземов оставались стабильными — на уровне запасов, существовавших к моменту закладки лесополос. Поэтому основным источником углерода фитомассы лесополос следует считать углекислый газ атмосферы.

4. Более точные результаты, раскрывающие изменение во времени гумусового резерва

Таблица 4
Запасы органического углерода почв, т/га в слое 0—30 см изученных почв

Целина исследованная	Целина на месте лесополосы (реконструкция)	Пашня исследованная	Пашня в момент закладки лесополосы (реконструкция)	Лесополоса исследованная
«Стрелецкая степь»				
102,6	110,8	86,3	89,3	90,0
Ямская степь				
98,1	138,5	106,3	Была целина	141,8
«Каменная степь»				
117,3	127,2	97,0	101,7	101,9

черноземов под лесополосами, могут быть получены на основании исследования стабильных изотопов органического углерода почв, источниками которых служат разные типы растительности — травянистая и лесная.

На подготовительном этапе экспедиционных исследований, по результатам которых была написана статья, большую помощь в выборе ключевых участков исследования ценными консультациями оказали сотрудники Института географии РАН, д. г. н. Д. И. Люри,

к. г. н. А. В. Долгих, а также директор государственного заповедника «Белогорье», к. б. н. А. С. Шаповалов, директор Воронежского научно-исследовательского института сельского хозяйства имени В. В. Докучаева РАСХН В. И. Турусов и сотрудники института В. В. Тищенко и д. б. н. Ю. И. Чевердин. Всем им авторы выражают глубокую благодарность.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 11 05 92500 АФГИР Э_а.

Библиографический список

1. Агроресомелиорация и плодородие почв. Под ред. Е. С. Павловского. — М.: Агропромиздат, 1991. — 288 с.
2. Данилов Г. Г., Лобанов Д. А. Агроресомелиорация лесостепи. — М.: Лесная промышленность, 1973. — 125 с.
3. Михина Е. А. Агроэкологическая роль полезащитных лесных полос в условиях Липецкой области: дис. ... канд. с.-х. наук: 03.00.16. — Воронеж, 2009. — 141 с.
4. Каменная степь: Лесоаграрные ландшафты / Ф. Н. Мильков, А. И. Нестеров, П. Г. Петров [и др.]. — Воронеж: Изд во ВГУ, 1992. — 224 с.
5. Колесникова Л. В. Лесные полосы и их влияние на плодородие чернозема обыкновенного и продуктивность угодий в степи Приволжской возвышенности: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.04. — Саратов, 2006. — 238 с.
6. Федоров С. И., Гумеров Ф. Р. Влияние лесополос на морфологические и агрохимические свойства черноземов // Севооборот, обработка почв и удобрение при возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивной технологии. — Уфа, 1990. — С. 16—20.
7. Carbon sources and dynamics in Afforested and cultivated corn belt soils / G. Hernandez-Ramirez, T. J. Sauer, C. A. Cambardella et al. // Soil. Sci. Soc. Am. — 2011. — Vol. 75. — N 5. — P. 1—10.
8. Kort J., Turnock R. Carbon Reservoir and biomass in Canadian prairie shelterbelts // Agroforestry Systems. — 1999. — Vol. 44. — P. 175—186.
9. Коковина Т. П. О почвенных процессах в типичном мощном черноземе под пашней // Почвоведение. — 1978. — № 9. — С. 13—23.
10. Лебедева И. И. Гидрологические профили миграционно карбонатных (типичных) черноземов и агро-черноземов // Почвоведение. — 2002. — № 10. — С. 1214—1223.
11. Чендев Ю. Г. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене. — М.: ГЕОС, 2008. — 212 с.
12. Иванов И. В., Табанакова Е. Д. Изменения мощности гумусового горизонта и эволюция черноземов Восточной Европы в голоцене (механизмы, причины, закономерности) // Почвоведение. — 2003. — № 9. — С. 1029—1042.
13. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО / Под общ. редакцией А. П. Щербакова, И. И. Васенева. — Курск, 1996. — 330 с.
14. Щеглов Д. И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. — М.: Наука, 1999. — 214 с.