

## ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.4

### ВЛИЯНИЕ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ЛОКАЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ (БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2020 г. М. А. Смирнова<sup>а</sup>\*, А. Н. Геннадиев<sup>а</sup>, Ю. Г. Чендев<sup>б</sup>, Р. Г. Ковач<sup>а</sup>

<sup>а</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, Москва, 119999 Россия

<sup>б</sup>Белгородский государственный университет, ул. Победы, 85, Белгород, 308015 Россия

\*e-mail: summerija@yandex.ru

Поступила в редакцию 10.03.2020 г.

После доработки 15.03.2020 г.

Принята к публикации 01.04.2020 г.

На ключевом участке в пределах Белгородской области на юге Среднерусской возвышенности проведено детальное полевое картографирование почвенного покрова многорядной лесополосы 50-летнего возраста протяженностью 4 км, пересекающей различные элементы рельефа, и прилегающих пахотных участков сельскохозяйственных полей; 30 точек опробования были заложены в центральной (осевой) части лесополосы и на удалении 30 м по обе стороны от ее краев. Построены карты мощности гумусового профиля, содержания органического углерода, глубины обнаружения карбонатов, почвенная карта; рассчитаны индексы богатства, разнообразия Шеннона, Симпсона, Рао и таксономические расстояния как количественные показатели контрастности между почвами участка. Показано, что полезащитные лесонасаждения приводят к уменьшению контрастности почв по отношению друг к другу и к уменьшению значений индексов разнообразия для почв, формирующихся непосредственно под лесополосой.

*Ключевые слова:* структура почвенного покрова, Среднерусская возвышенность, педоразнообразие, черноземы (Chernozems), таксономические расстояния

**DOI:** 10.31857/S0032180X20090166

#### ВВЕДЕНИЕ

В результате реализации государственных программ агролесомелиорации на территории России, начиная с 1948 г., было обустроено большое количество полезащитных лесных полос, возраст которых в настоящее время достигает 50–70 лет. Лесополосы в процессе своего функционирования оказывали влияние на качественное состояние почв. Изучение результатов этого влияния проводилось многими исследователями, главным образом, с точки зрения их значимости для повышения плодородия почв. Опубликованные работы касались в основном прикладных аспектов оценки полезащитных лесонасаждений как факторов: а) повышения урожайности сельскохозяйственных культур за счет улучшения водного баланса; б) уменьшения интенсивности почвенной эрозии под воздействием барьерной роли лесопосадок; в) связывания углерода углекислого газа, ведущего к уменьшению парникового эффекта и т. д. [1, 4, 8, 10, 12, 14, 16, 21, 24]. В то же время лесополосы рассматривались и как своеобразные объекты экспериментальной трансформации условий почвообразования, позволяющие расширить и углубить фундаментальные эволюци-

онно-генетические представления о почвах и почвенном покрове. В частности, в этом контексте система лесополосы-почвы может выступать как контролируемая модель формирования и видоизменения почвенного разнообразия, параметры которой заданы в пространственно-временном измерении. В последние годы в географо-генетическом почвоведении вопросам разнообразия почв уделяется все большее внимание, это явление рассматривается в различных пространственных масштабах: глобальном, континентальном, региональном [3, 7, 15, 18–20, 23, 25, 27]. Исследование системы лесополосы-почвы позволяет и на локальном уровне количественно охарактеризовать и привязать к координате абсолютного времени особенности трансформации почвенного покрова и уровня его разнообразия под воздействием внешнего по отношению к почвам фактора, что и составляло цель данной работы.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проведены в лесостепной зоне юга Среднерусской возвышенности — на ключевом участке “Степное” (рис. 1), расположенном в Губкинском районе Белгородской



Рис. 1. Фрагмент космического снимка на ключевой участок исследования с указанием положения точек полевого опробования.

области, в окрестностях села Степное (координаты центра лесополосы –  $50.9988^{\circ}$  с. ш.,  $37.3378^{\circ}$  в. д.). Климат территории умеренно-континентальный; согласно метеостанции, расположенной в селе Богородицкое (18 км к северу от участка исследования), среднегодовая температура составляет  $+7.5^{\circ}\text{C}$ ; среднегодовое количество осадков – 558 мм/год (за период с 2015 по 2019 гг.)

На участке расположена протяженная многорядная лесополоса и прилегающие к ней сельскохозяйственные поля, размер участка  $500 \times 4000$  м. Исследуемая лесополоса изображена на крупномасштабной топографической карте 1981 г., на которой в северной части лесополосы указана высота деревьев 5 м, а в южной части – 8 м, породный состав – клен и ясень. Учитывая, что деревья могут достигнуть такой высоты за 10–15 лет произрастания, возраст лесопосадки определяется примерно в 50–55 лет. Севообороты на прилегающих к лесополосе сельскохозяйственных полях представлены зерновыми культурами; обработка

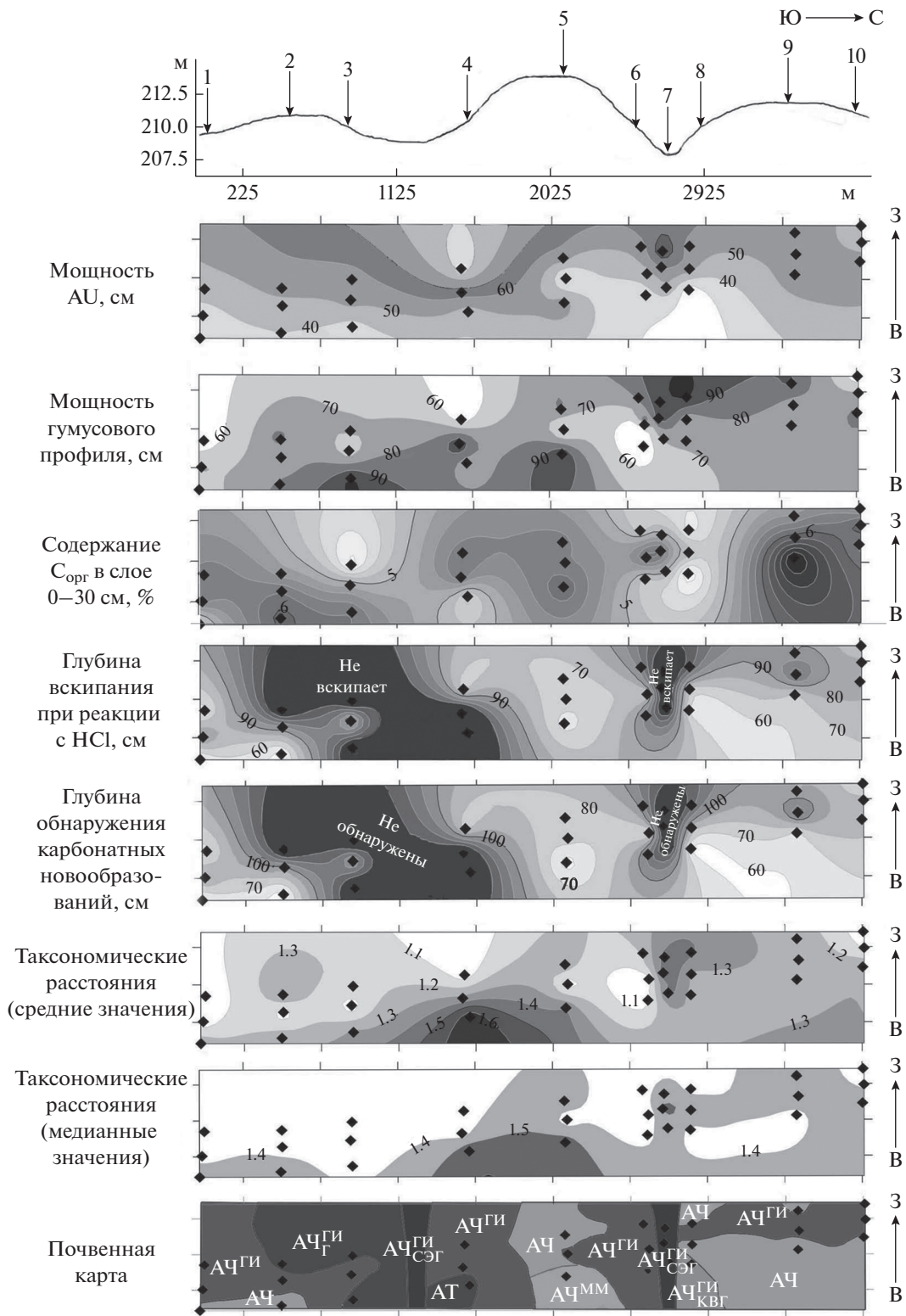
почв, в основном, проводится специализированной сельскохозяйственной техникой методом отвальной вспашки на глубину 25–30 см с оборотом пласта [5].

Лесополоса ориентирована с юга на север и пересекает различные элементы рельефа: водораздельную поверхность, пологие и крутые склоны северной и южной экспозиций, днища ложбин; перепад высот между указанными элементами рельефа составляет 5 м (рис. 2). Участок имеет общий слабый наклон с востока на запад, вследствие чего в весенний период в верховье ложбины, пересекаемой лесополосой и расположенном от нее к востоку, происходит застаивание влаги (рис. 3). В этом же направлении увеличивается степень расчленения рельефа.

Перпендикулярно лесополосе было заложено 10 параллельных трансект, на каждой из которых заложено по 3 точки исследования почв (рис. 1): одна – в осевой части лесополосы (ширина лесополосы составляет от 30 до 50 м), две – на удалении 30 м от ее края по обе стороны к востоку и западу на сельскохозяйственных полях (сокращенно на “В поле” и “З поле”). На каждой точке проведено описание рельефа, растительности, заложен почвенный разрез (точки трансект 7 и 9) или буровая скважина (точки трансект 1–6, 8 и 10) на глубину более 1.2 м. Классификация и диагностика почв выполнена в соответствии с Классификацией и диагностикой почв России [6].

Количество рядов в исследуемой лесополосе варьирует от 5 до 12. Породный состав неоднороден. Основной древесной породой южной части лесополосы (трансекты 1–3) является ясень, встречается клен; высота деревьев составляет 20–25 м, диаметр стволов до 35 см. Количество рядов варьирует от 10 до 12. В подлеске встречаются кизильник (*Cotoneaster*), робиния обыкновенная (*Robinia pseudoacacia*). Травянистый покров развит фрагментарно, степень проективного покрытия не превышает 10–15%. Поверхность почв плотно покрыта опадом прошлогодних листьев, встречаются крупные ветки, стволы деревьев. На участке между трансектами 3 и 4 древесная растительность отсутствует (деревья не были высажены). Участок лесополосы, пересекаемый трансектой 4, разрежен, состоит из пяти рядов, представленных березой. Высота деревьев не превышает 25 м, диаметр стволов – до 30 см. Степень проективного покрытия травянистого яруса – менее 30%. В центральной и северной частях лесополосы (трансекты 5–10) древесный ярус представлен кленом, березой, грушей. Количество рядов варьирует от восьми до двенадцати. Высота деревьев не превышает 25 м, диаметр стволов – менее 45 см.

В качестве почвообразующих пород выступают двучленные отложения; верхняя часть представлена карбонатным лёссовидным суглинком,



**Рис. 2.** Схематический профиль с указанием номеров трансект, карты свойств почв и почвенная карта ключевого участка. Условные обозначения на почвенной карте: АЧ – агрочерноземы мицеллярные, АЧ<sup>ММ</sup> – агрочерноземы миграционно-мицеллярные, АЧ<sup>ГГ</sup> – агрочерноземы глинисто-иллювиальные, АЧ<sup>ГГ</sup><sub>СЭГ</sub> – агрочерноземы стратифицированные элювиальные глинисто-иллювиальные, АЧ<sup>ГГ</sup><sub>КВГ</sub> – агрочерноземы глинисто-иллювиальные глубококвасиглееватые, АЧ<sup>ГГ</sup><sub>Г</sub> – агрочерноземы глинисто-иллювиальные глубокоглееватые, АТ – агротемногумусовые элювиированные глубокоглееватые.



Рис. 3. Фрагмент лесополосы и “В поля” в мае 2019 г.

подстилаемым бескарбонатными глинами. Мощность верхнего субстрата в пределах участка исследований варьирует от 60 см до более чем двух метров. Глины встречаются на глубине менее метра в разрезах 7В, 23, 33, от 1 до 1.5 метров – в разрезах 3В, 4В, 4Л, 7Л, 73, 8В и более двух метров – в остальных случаях. Изменение мощности верхнего субстрата не обнаруживает согласованности с рельефом.

Для определения содержания органического углерода в точках опробования были отобраны образцы почв из пахотного горизонта 0–30 см на полях и с глубин 0–10, 10–20, 20–30 см в лесонасаждениях; в почвах, приуроченных к водораздельной поверхности (трансекта 9) и днищу ложбины (трансекта 7), дополнительно отобраны образцы из всех генетических горизонтов. Для определения содержания углекислоты карбонатов были отобраны образцы из карбонатных горизонтов – первый, где наблюдалось вскипание при реакции 10% раствора HCl, но отсутствовали морфологически выраженные карбонатные новообразования, второй – из горизонта с карбонатными новообразованиями. Всего было отобрано 95 образцов на анализ содержания органического углерода, и 33 – на анализ содержания углекислоты карбонатов.

Для оценки контрастности почвенного покрова был использован метод расчета таксономиче-

ских расстояний, подробно описанный в работах [9, 23]. На первом этапе была создана матрица свойств почв (рис. 4), где строки соответствовали почвенным свойствам, а столбцы – исследуемым почвам. В каждой ячейке матрицы было отмечено наличие (от 0.2 до 1) или отсутствие (0) в почве свойства. В качестве свойств были использованы таксономически значимые характеристики почвенных профилей, а их вес присваивался в соответствии с иерархической системой классификации:

1. Диагностические горизонты PU, AU, VI, VSA (независимо от наличия или отсутствия в них каких-либо других диагностических признаков), вес – 1;
2. Диагностические генетические признаки gh, e1, lc, mc, q, g (без их привязки к генетическим горизонтам), вес – 0.5;
3. Градации родовых признаков – двучленность почвообразующей породы, вес 0.3;
4. Градации видовых признаков по мощности гумусового горизонта (среднемощные 50–80 см, мощные 80–120 см), содержания гумуса в верхнем горизонте (среднегумусные 6–9%, малогумусные 4–6%, слабогумусированные <4%), глубине залегания карбонатов (высоко карбонатные 30–50 см, среднекарбонатные 50–80 см, глубоко карбонатные 80–120 см), вес – 0.2.

Свойства		1В	2В	3В	4В	5В	6В	7В	8В	9В	10В	1Л	2Л	3Л	4Л	5Л	6Л	7Л	8Л	9Л	10Л	13	23	33	43	53	63	73	83	93	103		
Типовые	PU	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	AU	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	B1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	BCA	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	
Подтиповые	gh	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	
	el	0	0	0	0.5	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	
	lc	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	me	0.5	0.5	0	0	0.5	0.5	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	q	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	g	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0.5	0.5	0	0	0
	Родовые	Двучленное строение	0	0	0.3	0.3	0	0	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0.3	0	0	0	0	0.3	0.3	0	0	0.3	0.3	0	0	0
Видовые	По мощности гумусового горизонта	Мощные	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
		Среднемощные	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0	0	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
		Среднегумусные	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	По содержанию гумуса	Малогумусные	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
		Слабогумусированные	0.2	0	0	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	По глубине залегания карбонатов	Высоко карбонатные	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Средне карбонатные		0.2	0.2	0	0	0.2	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0	0.2	0	0.2	0	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0.2	
	Глубоко карбонатные	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0	0.2	0	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2	

Рис. 4. Таблица-матрица почвенных свойств; PU, AU, AUlc – почвенные горизонты; 1В, 2В, 3В... – почвенные профили (разрезы).

Всего была использована информация по наличию или отсутствию 19-и свойств, комбинации из которых образуют все исследованные почвы участка. Было принято допущение, что набор введенных в таблицу свойств адекватно описывает почвы ключевого участка. Расчет таксономического расстояния между почвами производился согласно формуле [22]:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^T (x_i - x_j)}, \quad (1)$$

где  $d_{ij}$  – таксономическое расстояние между почвами  $i$  и  $j$ ,  $x_i$  и  $x_j$  – векторы-столбцы матрицы почвенных свойств. Контрастность почв по отношению друг к другу прямо пропорциональна значениям таксономического расстояния. Максимальное значение таксономического расстояния определяется количеством свойств в матрице (то есть общему количеству типовых, подтиповых и т. д. свойств), и баллам, присваиваемым за их наличие или отсутствие в почве; в нашем случае максимально возможное значение таксономического расстояния равно 2.98. Расчет таксономических расстояний был проведен для нескольких различных выборок почв: для выборок, включающих только почвы “В поля” (то есть только 10 почв), только почвы лесополосы (10 почв), только почвы “3 поля” (10 почв); для выборок, характеризующих различные элементы рельефа: водораздельной поверхности и пологих склонов (15 почв), почв крутых склонов (12 почв), днища ложбины (3 почвы) и, наконец, для выборки, включающей все 30 исследованных почв. Для каждой выборки были определены средние, медианные, максимальные значения таксономических расстояний.

Статистическая обработка полученных результатов и построение карт проводились при помощи программных продуктов Statistica, QGIS, Surfer. Карты мощности гумусового горизонта, гумусового профиля, содержания Сорг., глубины вскипания почв при реакции с 10%-ным HCl, глубины обнаружения вторичных карбонатов и таксономиче-

ских расстояний были построены методом ординарного крикинга. Почвенная карта была построена экспертным методом с применением методики, описанной в работе [11].

Количественная оценка почвенного разнообразия была проведена для почвенного покрова лесополосы, “3 поля” и “В поля”. В качестве критериев использованы количество почвенных таксонов, образующих почвенный покров (индекс богатства), индексы разнообразия Шеннона (2), Симпсона (3), квадратной энтропии Рао (4), рассчитанные согласно формулам [20, 26]:

$$H = -\sum_{i=1}^c p_i \ln p_i, \quad (2)$$

$$G = 1 - \sum_{i=1}^c p_i^2, \quad (3)$$

$$Q = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^c d_{ij} p_i p_j, \quad (4)$$

где  $p_i, p_j$  – доля площади, занимаемая почвами  $i$  и  $j$  от всего почвенного покрова участка,  $c$  – количество почвенных разновидностей на ключевом участке,  $d_{ij}$  – таксономическое расстояние между почвами  $i$  и  $j$ .

Индексы разнообразия Шеннона, Симпсона учитывают компонентный состав и доленое участие компонентов в составе почвенного покрова; чем больше количество компонентов, образующих почвенный покров, и чем ближе размеры почвенных ареалов, тем выше значение индекса [20].

Индекс квадратной энтропии Рао, кроме долевого участия и количества компонентов, учитывает степень контрастности между компонентами по отношению друг к другу [26]. В качестве параметра контрастности были использованы значения таксономических расстояний. При одинаковом количестве компонентов и их доленом участии в составе почвенного покрова, разнообразие

будет выше там, где больше степень контрастности компонентов по отношению друг к другу.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Почвенный покров ключевого участка характеризуется достаточно широким спектром почв: тремя типами почв, семью подтипами и восемнадцатью видами. На участке встречены следующие виды почв: агрочерноземы глинисто-иллювиальные среднетощие малогумусные среднекарбонатные (Luvic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic), разрезы 13, 43, 103, 3Л, 5Л), агрочерноземы мицелярные среднетощие слабогумусированные среднекарбонатные (Haplic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic), разрезы 1В, 9В, 83), агрочерноземы глинисто-иллювиальные глубокоглееватые мощные малогумусные на двучленных почвообразующих породах (Luvic Stagnic Chernic Phaeozems (Loamic, Aric, Pachic), разрезы 3В, 4Л, 23), агрочерноземы мицелярные мощные малогумусные среднекарбонатные (Haplic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic), разрезы 10В, 53), агрочерноземы глинисто-иллювиальные среднетощие малогумусные глубококарбонатные (Luvic Chernic Phaeozems (Loamic, Aric, Pachic), разрезы 1Л, 2Л), агрочерноземы иллювиальные среднетощие стратифицированные элювиированные глубокоглееватые мощные слабогумусированные на двучленных почвообразующих породах (Luvic Greyzemic Stagnic Chernic Phaeozems (Loamic, Aric, Novic, Pachic), разрезы 7В, 73), агрочерноземы мицелярные среднетощие малогумусные среднекарбонатные (Haplic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic), разрезы 2В, 93), агротемногумусовая элювиированная глубокоглееватая мощная слабогумусированная на двучленных почвообразующих породах (Greyzemic Stagnic Chernic Phaeozem (Loamic, Aric, Pachic), разрез 4В), агрочернозем миграционно-мицелярный мощный малогумусный среднекарбонатный (Haplic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic), разрез 5В), агрочернозем глинисто-иллювиальный глубокоглееватый среднетощий слабогумусированный на двучленных почвообразующих породах (Luvic Stagnic Chernic Phaeozems (Loamic, Aric, Raptic), разрез 33), агрочернозем глинисто-иллювиальный глубококвазиглееватый мощный слабогумусированный глубококарбонатный на двучленных породах (Luvic Stagnic Chernic Phaeozems (Loamic, Aric, Pachic), разрез 8В), агрочернозем глинисто-иллювиальный мощный малогумусный глубококарбонатный (Luvic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic), разрез 6Л), агрочернозем глинисто-иллювиальный мощный слабогумусированный глубококарбонатный (Luvic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic), разрез 63), агрочернозем глинисто-иллювиальный среднетощий среднетощий среднекарбонатный (Luvic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic), разрез 10Л), агрочернозем

глинисто-иллювиальный среднетощий слабогумусированный глубококарбонатный (Luvic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic), разрез 6В), агрочернозем глинисто-иллювиальный среднетощий среднетощий глубококарбонатный (Luvic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic), разрез 9Л), агрочернозем глинисто-иллювиальный стратифицированный элювиированный глубокоглееватый мощный малогумусный на двучленных почвообразующих породах (Luvic Greyzemic Stagnic Chernic Phaeozems (Loamic, Aric, Novic, Pachic), разрез 7Л), агрочернозем мицелярный среднетощий среднетощий среднекарбонатный (Haplic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic), разрез 8Л).

Рассмотрим характеристики почв по изученным трансектам. В пределах водораздельной поверхности, к которой приурочена трансекта 9, почвы представлены агрочерноземами мицелярными на полях (разрезы 9В, 93) и агрочерноземом глинисто-иллювиированным в пределах лесополосы (разрез 9Л). Почвы полей на этой трансекте слабо отличаются друг от друга; их гумусовые горизонты выщелочены от карбонатов, новообразования в виде диффузных пятен карбонатов и тонких трубочек встречаются в нижележащем переходном горизонте АВса на глубине 50 см в разрезе 9В и 83 см в разрезе 93. В подстилающем аккумулятивно-карбонатном горизонте диагностированы рыхлые сегрегации карбонатов, обнаружены следы периодического переувлажнения в виде разрозненных редких оливковых и буровато-ржавых пятен (диаметром до 1 см) и железо-марганцевых примазок. Мощности гумусового горизонта и содержание органического углерода в почвах разрезов 9Л и 93 близки (рис. 5) и превышают таковые в почве разреза 9В. Содержание  $C_{орг}$  в верхней части гумусового горизонта варьирует от 2.8 до 4.2%.

В почве лесополосы водораздельной трансекты 9, в отличие от почв полей, под выщелоченным от карбонатов гумусовым горизонтом на глубине 70–115 см залегает глинисто-иллювиальный горизонт VI. Для него характерно наличие тонких глянцевых пленок на гранях структурных отдельностей более темного цвета в сравнении с цветом внутрипедной массы. Карбонатные новообразования в виде диффузных пятен и трубочек встречаются с глубины 115 см в горизонте ВСА. В горизонтах VI и ВСА диагностированы признаки периодического переувлажнения почв в виде единичных оливковых и охристых зон диаметром до 1 мм и железо-марганцевых примазок. Таким образом, основное отличие почв полей от почвы лесополосы на водораздельной поверхности в пределах трансекты 9 заключается в наличии глинисто-иллювиального горизонта в почве под древесной растительностью и отсутствие такового в почвах под агроценозами. Данная особенность может быть обусловлена усилением

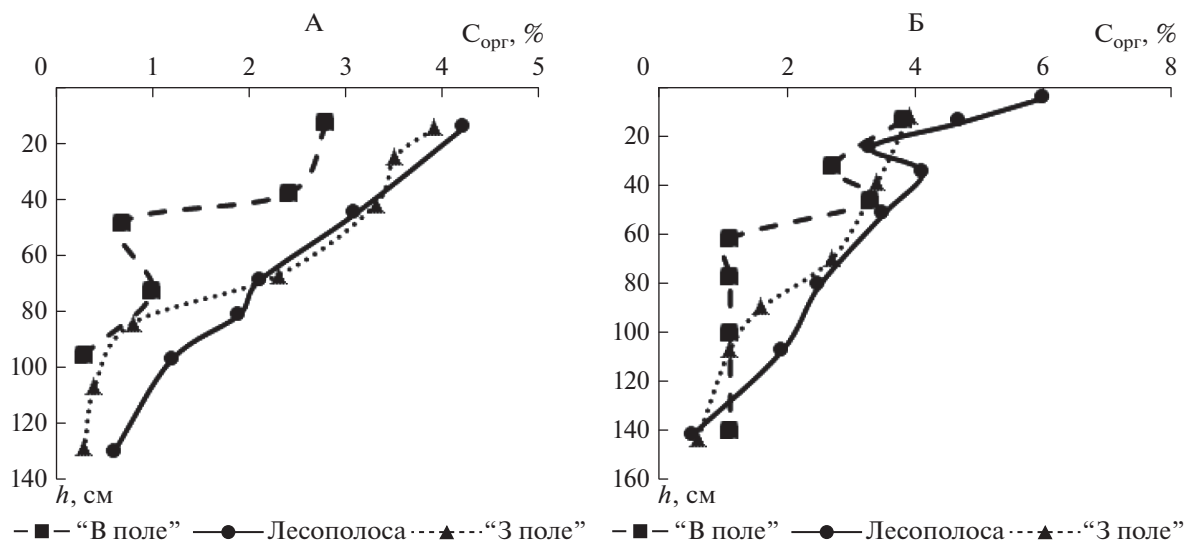


Рис. 5. Содержание органического углерода в почвах трансект водораздельной поверхности (А) и дна ложбины (Б).

процесса внутрипочвенного перемещения глинистых частиц под древесной растительностью в сравнении с травянистой, как это было показано в работах [2, 13].

Тренд к усилению проявления глинисто-иллювиального процесса в почвах под лесополосой, в сравнении с почвами полей, повторяется и в других исследованных почвах водораздельной поверхности (трансекты 2, 5) и пологих склонов (трансекты 1, 10). Отметим, что формирование горизонта В1 на ключевом участке происходит не только в почвах лесополосы, но и в некоторых почвах полей (например, разрезы 13, 103), однако мощность горизонта, целостность и толщина кутан в почвах лесополосы в сравнении с сопряженными почвами полей всегда выше. В целом, почвы водораздельной поверхности и пологих склонов обладают наименьшей контрастностью по отношению к другим почвам ключевого участка (табл. 1).

Почвы дна ложбины (трансекта 7) представлены агрочерноземами глинисто-иллювиальными стратифицированными элювированными глубокоглееватыми. Общей особенностью всех трех почв является повышенная мощность

пахотного горизонта: 54 см в разрезе 7В, 40 см в разрезе 7Л и 55 см в разрезе 7З. Такая мощность может быть обусловлена периодической аккумуляцией твердофазного вещества на поверхности почв, переносимого водными потоками с выше лежащих участков рельефа, и вовлечением этого материала в процесс распашки. Заметно меньшая мощность старопашотного горизонта под лесополосой в сравнении с аналогичными горизонтами почв полей, может быть обусловлена противоэрозийным действием лесополосы, приведшей к накоплению материала на поверхности почвы перед лесополосой и уменьшением выноса материала с поверхности почвы за лесополосой. Под гумусовым горизонтом во всех почвах ложбины залегает переходный бурый с темно-серым оттенком и выраженной белесой присыпкой по граням комковато-ореховатых структурных отдельностей горизонт АВе1. В нижележащем горизонте В1е1 белесая присыпка покрывает тонкие глинистые кутаны; как и в случае с почвами водораздельной поверхности и пологих склонов, горизонт В1е1 обладает лучшей степенью выраженности и большей мощностью в почве под лесополосой. В почвах "В поля" и "3 поля" нижняя часть переходного к почвообразующей породе горизонта ВDg характе-

Таблица 1. Значения таксономических расстояний между почвами

Показатель	Почвы					
	водораздельной поверхности и пологих склонов	дна ложбины	крутого склона	"В поля"	лесополосы	"3 поля"
Средние значения	1.06	0.38	1.22	1.37	0.99	1.22
Медианные значения	1.41	0.57	1.31	1.47	1.28	1.41

ризуется явными признаками переувлажнения – встречаются сизовато-охристые зоны оглеения, поверхность педов покрыта тонкими кутанами сизоватого оттенка, в значительном количестве присутствуют мелкие железо-марганцевые примазки; в почве лесополосы признаки переувлажнения присутствуют только в виде тонких прерывистых кутан сизоватого оттенка и железо-марганцевых примазок. Во всех почвах трансекты 7 отсутствуют карбонаты. Содержание органического углерода имеет поверхностно-аккумулятивный элювиально-иллювиальный характер в почвах лесополосы и “В поля”, аккумулятивный – в почве “З поля” (рис. 5, Б). Вероятно, такие особенности профильного распределения отражают особенности намыва гумусированного материала в днище ложбины. Содержание гумуса в верхнем горизонте варьирует от 3.9 до 6%. Почвы днища ложбины обладают очень высокими средними и медианными значениями таксономических расстояний (рис. 6), что свидетельствует об их высокой степени отличия от других почв ключевого участка; при этом сами по себе почвы ложбин слабо отличаются друг от друга (табл. 1).

Почвы крутых склонов (уклоны 4°–6°) представлены агрочерноземами глинисто-иллювиальными (разрезы 6В, 3Л, 6Л, 43, 63), в том числе глубокоглееватыми (разрезы 3В, 4Л, 33), глубококвасиглееватыми (разрез 8В), агрочерноземами мицеллярными (8Л, 83), а также агротемногумусовой элювиированной глубокоглееватой (4В). Последняя почва является наиболее необычной в генетическом плане, в сравнении с другими почвами исследуемого участка. В этой почве морфологический профиль имеет гумусовую прокраску до глубины 110 см, ниже залегает подстилающая порода – желтовато-бурая с сизоватостью глина. До глубины 80 см цвет почвы темно-серый, ниже он становится белесовато-серым, на гранях структурных отдельностей появляется белесая присыпка, ее количество увеличивается вниз по почвенному профилю. На глубине 100–110 см почва характеризуется серовато-белесым цветом, встречаются сизые и буровато-желтые пятна. На основании указанных выше морфологических признаков, в почве были выделены следующие горизонты: PU (0–30 см)–AU (30–80 см)–AUel (80–100 см)–ADel (100–110 см)–Dg (110–160... см). Отсутствие иллювиального горизонта при наличии признаков элювиирования в горизонтах AUel и ADel в этой почве может свидетельствовать о выраженности латерального глее-элювиального выноса продуктов почвообразования, который обусловлен подстилением верхней более легкой части почв водоупорной глинистой толщей. Эта почва (разрез 4В) характеризуется наибольшим средним и медианным значением таксономического расстояния (рис. 6), что позволяет считать ее наибо-

лее отличающейся от всех других исследованных почв ключевого участка.

В целом, расчет таксономических расстояний между почвами, приуроченными к “В поля”, между почвами, формирующимися в пределах лесополосы, и между почвами, приуроченными к “З поля” (то есть при группировке почв в соответствии с характером землепользования и пространственным положением относительно лесополосы; в каждой выборке по 10 почв) показывает, что почвы лесополосы наименее контрастны по отношению друг к другу, чем почвы полей. При этом максимальной контрастностью по отношению друг к другу характеризуются почвы “В поля”, как по средним, так и по медианным значениям таксономических расстояний (табл. 1).

На рис. 2 отображена почвенная карта ключевого участка (почвы диагностированы на уровне подтипа); наибольшие площади приходятся на агрочерноземы мицеллярные, затем, в порядке убывания площадей, агрочерноземы глинисто-иллювиальные, агрочерноземы глинисто-иллювиальные глубокоглееватые, агрочерноземы глинисто-иллювиальные стратифицированные элювиированные глубокоглееватые, агрочерноземы миграционно-мицеллярные, агрочерноземы глинисто-иллювиальные глубококвасиглееватые и агротемногумусовые элювиированные глубокоглееватые. Максимальное количество компонентов, с которыми соседствуют почвенные ареалы, равно трем, и наблюдается для ареалов агрочерноземов глинисто-иллювиальных стратифицированных элювиальных глубокоглееватых и для ареала агрочернозема мицеллярного. В среднем, почвенные ареалы соседствуют с двумя компонентами. Мы предполагаем, что структура почвенного покрова ключевого участка может быть охарактеризована как пятнистости агрочерноземов мицеллярных, миграционно-мицеллярных и глинисто-иллювиальных на водораздельной поверхности, на склонах – неупорядоченно-полосчатые вариации водно-миграционного и, в меньшей степени, эрозионного генезиса агрочерноземов мицеллярных и миграционно-мицеллярных, агрочерноземов глинисто-иллювиальных, в том числе глубокоглееватых и глубококвасиглееватых, агрочерноземов глинисто-иллювиальных стратифицированных элювиированных глубокоглееватых, сочетаниями агрочерноземов глинисто-иллювиальных глубокоглееватых и агротемногумусовых глубокоглееватых элювиированных.

Если обратить внимание на отдельные свойства почв (табл. 2, рис. 2), то можно отметить, что почвы, формирующиеся под лесополосой, обладают наименьшим разбросом значений в мощности гумусового горизонта, всего гумусового профиля и содержания органического углерода. Для этих почв, в целом (если не учитывать почвы,



	1В	2В	3В	4В	5В	6В	7В	8В	9В	10В	1Л	2Л	3Л	4Л	5Л	6Л	7Л	8Л	9Л	10Л	13	23	33	43	53	63	73	83	93	103	
1В	0.00	0.28	1.95	1.40	0.64	1.44	1.99	1.94	0.00	0.40	1.47	1.47	1.44	1.95	1.44	1.50	2.07	0.28	1.47	1.44	1.44	1.95	1.91	1.44	0.40	1.47	1.99	0.00	0.28	1.44	
2В	0.28	0.00	1.93	1.43	0.57	1.47	2.01	1.96	0.28	0.28	1.44	1.44	1.41	1.93	1.41	1.47	2.05	0.28	1.47	1.44	1.41	1.93	1.93	1.41	0.28	1.50	2.01	0.28	0.00	1.41	
3В	1.95	1.93	0.00	1.53	1.97	1.34	0.91	0.79	1.95	1.91	1.31	1.31	1.31	0.00	1.31	1.28	0.71	1.95	1.34	1.34	1.31	0.00	0.40	1.31	1.91	1.31	0.91	1.95	1.93	1.31	
4В	1.40	1.43	1.53	0.00	1.49	1.99	1.58	1.67	1.40	1.40	2.01	2.01	2.01	1.53	2.01	1.99	1.53	1.43	2.01	2.01	2.01	1.53	1.53	2.01	1.40	1.97	1.58	1.40	1.43	2.01	
5В	0.64	0.57	1.97	1.49	0.00	1.58	2.05	2.00	0.64	0.50	1.55	1.55	1.53	1.97	1.53	1.53	2.09	0.64	1.58	1.55	1.53	1.97	2.01	1.53	0.50	1.55	2.05	0.64	0.57	1.53	
6В	1.44	1.47	1.34	1.99	1.58	0.00	1.40	1.29	1.44	1.50	0.28	0.28	0.40	1.34	0.40	0.40	0.51	1.47	0.28	0.40	0.40	1.34	1.28	0.40	1.50	0.28	1.40	1.44	1.47	0.40	
7В	1.99	2.01	0.91	1.58	2.05	1.40	0.00	0.89	1.99	1.99	1.43	1.43	1.43	0.91	1.43	1.40	0.57	2.01	1.43	1.43	1.43	0.91	0.91	1.43	1.99	1.37	0.00	1.99	2.01	1.43	
8В	1.94	1.96	0.79	1.67	2.00	1.29	0.89	0.00	1.94	1.94	1.32	1.32	1.35	0.79	1.35	1.29	1.06	1.96	1.32	1.35	1.35	0.79	0.79	1.35	1.94	1.26	0.89	1.94	1.96	1.35	
9В	0.00	0.28	1.95	1.40	0.64	1.44	1.99	1.94	0.00	0.40	1.47	1.47	1.44	1.95	1.44	1.50	2.07	0.28	1.47	1.44	1.44	1.95	1.91	1.44	0.40	1.47	1.99	0.00	0.28	1.44	
10В	0.40	0.28	1.91	1.40	0.50	1.50	1.99	1.94	0.40	0.00	1.47	1.47	1.44	1.91	1.44	1.44	2.03	0.40	1.50	1.47	1.44	1.91	1.95	1.44	0.00	1.47	1.99	0.40	0.28	1.44	
1Л	1.47	1.44	1.31	2.01	1.55	0.28	1.43	1.32	1.47	1.47	0.00	0.00	0.28	1.31	0.28	0.28	1.49	1.47	0.28	0.40	0.28	1.31	1.31	0.28	1.47	0.40	1.43	1.47	1.44	0.28	
2Л	1.47	1.44	1.31	2.01	1.55	0.28	1.43	1.32	1.47	1.47	0.00	0.00	0.28	1.31	0.28	0.28	1.49	1.47	0.28	0.40	0.28	1.31	1.31	0.28	1.47	0.40	1.43	1.47	1.44	0.28	
3Л	1.44	1.41	1.31	2.01	1.53	0.40	1.43	1.35	1.44	1.44	0.28	0.28	0.00	1.31	0.00	0.40	1.49	1.47	1.41	0.28	0.00	1.31	0.28	0.00	1.44	1.31	1.43	1.44	1.41	0.00	
4Л	1.95	1.93	0.00	1.53	1.97	1.34	0.91	0.79	1.95	1.91	1.31	1.31	1.31	0.00	1.31	1.28	0.71	1.95	1.34	1.34	1.31	0.00	0.40	1.31	1.91	1.31	0.91	1.95	1.93	1.31	
5В	1.44	1.41	1.31	2.01	1.53	0.40	1.43	1.35	1.44	1.44	0.28	0.28	0.00	1.31	0.00	0.40	1.49	1.44	1.41	0.28	0.00	1.31	0.28	0.00	1.44	1.31	1.43	1.44	1.41	0.00	
6Л	1.50	1.47	1.28	1.99	1.53	0.40	1.40	1.29	1.50	1.44	0.28	0.28	0.40	1.28	0.40	0.00	1.46	1.50	0.40	0.49	0.40	1.28	1.34	0.40	1.40	0.28	1.40	1.50	1.47	0.40	
7Л	2.07	2.05	0.71	1.53	2.09	1.51	0.57	1.06	2.07	2.03	1.49	1.49	1.49	0.71	1.49	1.46	0.00	2.07	1.51	1.51	1.49	0.71	0.81	1.49	2.03	1.49	0.57	2.07	2.05	1.49	
8Л	0.28	0.28	1.95	1.43	0.64	1.47	2.01	1.96	0.28	0.40	1.47	1.47	1.47	1.95	1.44	1.50	2.07	0.00	1.44	1.41	1.44	1.95	1.93	1.44	0.40	1.50	2.01	0.28	0.28	1.44	
9Л	1.47	1.47	1.34	2.01	1.58	0.28	1.43	1.32	1.47	1.50	0.28	0.28	1.41	1.34	1.41	0.40	1.51	1.44	0.00	1.44	1.41	1.34	1.41	1.41	1.50	1.92	1.43	1.47	1.47	1.41	
10Л	1.44	1.44	1.34	2.01	1.55	0.40	1.43	1.35	1.44	1.47	0.40	0.40	0.28	1.34	0.28	0.49	1.51	1.41	1.44	0.00	0.28	1.34	0.40	0.28	1.47	1.31	1.43	1.44	1.44	0.28	
13	1.44	1.41	1.31	2.01	1.53	0.40	1.43	1.35	1.44	1.44	0.28	0.28	0.00	1.31	0.00	0.40	1.49	1.44	1.41	0.28	0.00	1.31	0.28	0.00	1.44	1.31	1.43	1.44	1.41	0.00	
23	1.95	1.93	0.00	1.53	1.97	1.34	0.91	0.79	1.95	1.91	1.31	1.31	1.31	0.00	1.31	1.28	0.71	1.95	1.34	1.34	1.31	0.00	0.40	1.31	1.91	1.31	0.91	1.95	1.93	1.31	
33	1.91	1.93	0.40	1.53	2.01	1.28	0.91	0.79	1.91	1.95	1.31	1.31	1.31	0.28	0.40	0.28	1.34	0.81	1.93	1.41	0.40	0.28	0.40	0.00	0.28	1.95	1.31	0.91	1.91	1.93	0.28
43	1.44	1.41	1.31	2.01	1.53	0.40	1.43	1.35	1.44	1.44	0.28	0.28	0.00	1.31	0.00	0.40	1.49	1.44	1.41	0.28	0.00	1.31	0.28	0.00	1.44	1.31	1.43	1.44	1.41	0.00	
53	0.40	0.28	1.91	1.40	0.50	1.50	1.99	1.94	0.40	0.00	1.47	1.47	1.44	1.91	1.44	1.44	2.03	0.40	1.50	1.47	1.44	1.91	1.95	1.44	0.00	1.47	1.99	0.40	0.28	1.44	
63	1.47	1.50	1.31	1.97	1.55	0.28	1.37	1.26	1.47	1.47	0.40	0.40	1.31	1.31	1.31	0.28	1.49	1.50	1.92	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.47	0.00	1.37	1.47	1.50	1.31	
73	1.99	2.01	0.91	1.58	2.05	1.40	0.00	0.89	1.99	1.99	1.43	1.43	1.43	0.91	1.43	1.40	0.57	2.01	1.43	1.43	1.43	0.91	0.91	1.43	1.99	1.37	0.00	1.99	2.01	1.43	
83	0.00	0.28	1.95	1.40	0.64	1.44	1.99	1.94	0.00	0.40	1.47	1.47	1.44	1.95	1.44	1.50	2.07	0.28	1.47	1.44	1.44	1.95	1.91	1.44	0.40	1.47	1.99	0.00	0.28	1.44	
93	0.28	0.00	1.93	1.43	0.57	1.47	2.01	1.96	0.28	0.28	1.44	1.44	1.41	1.93	1.41	1.47	2.05	0.28	1.47	1.44	1.41	1.93	1.93	1.41	0.28	1.50	2.01	0.28	0.00	1.41	
103	1.44	1.41	1.31	2.01	1.53	0.40	1.43	1.35	1.44	1.44	0.28	0.28	0.00	1.31	0.00	0.40	1.49	1.44	1.41	0.28	0.00	1.31	0.28	0.00	1.44	1.31	1.43	1.44	1.41	0.00	
Среднее	1.23	1.22	1.28	1.64	1.36	1.00	1.39	1.37	1.23	1.24	0.97	0.97	0.98	1.28	0.98	1.01	1.44	1.25	1.27	1.04	0.98	1.28	1.11	0.98	1.24	1.24	1.39	1.23	1.22	0.98	
Медиана	1.44	1.44	1.31	1.55	1.53	1.34	1.43	1.35	1.44	1.44	1.31	1.31	1.33	1.31	1.33	1.28	1.49	1.44	1.42	1.35	1.33	1.31	1.29	1.33	1.44	1.31	1.43	1.44	1.44	1.33	
Максимум	2.07	2.05	1.97	2.01	2.09	1.99	2.05	2.00	2.07	2.03	2.01	2.01	2.01	2.01	1.97	2.01	2.09	2.07	2.01	2.01	2.01	1.97	2.01	2.01	2.01	2.03	1.97	2.05	2.07	2.05	2.01

Рис. 6. Таксономические расстояния между почвами ключевого участка. Интенсивность заливки указывает на значение таксономического расстояния; чем темнее цвет заливки, тем больше значение. 1В, 2В, 3В... – номера разрезов.

**Таблица 2.** Свойства почв лесополосы и прилегающих участков полей

Приуроченность почв	Среднее значение	Медианное значение	Минимум	Максимум	Разброс значений
Мощность гумусового горизонта, см					
“В поле”	49.5	50	32	65	33
Лесополоса	60.8	60	30	60	30
“З поле”	55	60	28	72	44
Мощность гумусового профиля, см					
“В поле”	71.0	70.0	50	100	50
Лесополоса	72.5	75.0	55	100	45
“З поле”	70.8	71.0	40	100	60
Содержание органического углерода, %					
“В поле”	3.86	3.65	2.8	4.9	2.1
Лесополоса	4.73	4.65	4	5.9	1.9
“З поле”	3.99	4.1	2.9	4.5	1.6
Глубина вскипания при реакции с 10%-ным HCl					
“В поле”	68.7	51.0	40.0	120.0	80.0
Лесополоса	78.1	75.0	60.0	115.0	55.0
“З поле”	67.9	60.0	50.0	100.0	50.0
Глубина обнаружения вторичных карбонатов в почвах					
“В поле”	68.7	51.0	40.0	120.0	80.0
Лесополоса	78.1	75	60.0	115.0	55.0
“З поле”	67.9	60	50	100.0	50
Содержание CO <sub>2</sub> карбонатов, в горизонте с положительной реакцией с 10%-ным HCl, %					
“В поле”	2.2	2.1	1.0	4.4	3.4
Лесополоса	2.5	1.8	0.7	5.7	5.0
“З поле”	3.0	2.5	1.0	6.6	5.6
Содержание CO <sub>2</sub> карбонатов, в горизонте обнаружения вторичных карбонатов, %					
“В поле”	3.0	3.4	1.0	5.3	4.3
Лесополоса	3.3	3.7	0.7	5.7	5.0
“З поле”	4.2	4.1	1.2	6.6	5.4

формирующиеся при близком залегании к поверхности бескарбонатных глин), характерны более глубокое вскипание при реакции с 10% р-ром HCl и обнаружение вторичных карбонатов, что также подтверждается работами [2, 17] по изучению стадийности изменения карбонатного профиля черноземов при заселении их лесной растительностью. Для почв “В поля” характерен наибольший разброс значений этих величин. По-видимому, почвы “В поля” формируются в наиболее контрастных условиях увлажнения. Закономерно, по направлению от почв “В поля” к почвам лесополосы и почвам “З поля” (вслед за наклоном поверхности и по предполагаемому направлению общего движения водных потоков) происходит увеличение содержания карбонатов как в горизонте вскипания почвы при реакции с 10% HCl (но при выраженном отсутствии новообразований), так и в горизонте с карбонатными новообразованиями.

В табл. 3 приведены значения индексов разнообразия; среди факторов, обуславливающих пространственное разнообразие почв ключевого участка, важную роль играют неоднородность строения почвообразующих пород (локальные выходы бескарбонатных глин) и лесонасаждения. Двучленное строение почвообразующих пород диагностировано в четырех разрезах почв “В поля”, трех разрезах почв “З поля” и двух разрезах почв лесополосы. Древесные растения выступают в качестве физического барьера, задерживающего снег, подтягивают влагу из глубоких горизонтов и эвапотранспирируют, создают микроклиматические особенности, и тем самым, влияют на процессы перемещения поверхностного и внутрипочвенного стока. В частности, лесополоса способствует сезонному переувлажнению почв “В поля” в пределах ложбины (рис. 3). В результате наложения указанных факторов, участок, прилегающий к лесополосе с востока, характеризуется несколь-

**Таблица 3.** Значения индексов разнообразия почв

Индекс	Почвы “В поля”	Почвы лесополосы	Почвы “З поля”
Богатства	9	8	8
Шеннона	1.60	0.89	1.42
Симпсона	0.87	0.83	0.86
Рао	0.60	0.42	0.54

ко более высокими количественными показателями почвенного разнообразия (табл. 3). Значения индексов Шеннона, Симпсона и Рао (табл. 3), рассчитанные для почв “В поля” и “З поля” варьируют в пределах 1.42–1.6, 0.86–0.87 и 0.54–0.6 соответственно. Мы предполагаем, что до проведения лесомелиорации, значения индексов разнообразия для почв, находящиеся сейчас под лесополосой, должны приблизительно укладываться в указанные интервалы; вместе с тем, рассчитанные значения индексов для почв лесополосы 50–55-летнего возраста существенно ниже. Таким образом, сравнение индексов разнообразия (табл. 3), средних и медианных значений таксономического расстояния (табл. 1) свидетельствуют об уменьшении пространственного разнообразия почв и их контрастности по отношению друг к другу под лесополосой 50–55-летнего возраста, в сравнении с почвами прилегающих полей.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование почв лесополосы и прилегающих сельскохозяйственных полей, анализ влияния длительно-функционирующих лесонасаждений в агроландшафтах лесостепной зоны на локальное почвенное разнообразие позволило сформулировать следующие выводы:

– полезащитные лесонасаждения за полувековой период приводят к уменьшению контрастности почв по отношению друг к другу непосредственно под лесополосой;

– почвы лесополосы по сравнению с почвами полей характеризуются наименьшими значениями разброса по мощности гумусового горизонта, гумусового профиля и содержания органического углерода;

– более низкие значения индексов разнообразия Шеннона, Симпсона и Рао для почвенного покрова лесополосы, наблюдаемого на фоне более высоких и близких значений этих индексов для почв прилегающих полей, может свидетельствовать об уменьшении пространственного разнообразия почв в результате появления лесонасаждений.

### БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают глубокую благодарность Н.Б. Хитрову за обсуждение результатов исследования, внесение замечаний и предложений.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 19-17-00056.

### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО / Под общ. ред. Щербакова А.П., Васенева И.И. Курск, 1996. 330 с.
2. Александровский А.Л. Модели педолитогенеза и эволюция почв // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в европейской России и на сопредельных территориях. Белгород, 22–25 октября 2019 г. Белгород: ИД “Белгород” НИУ “БелГУ”, 2019. С. 23–30.
3. Алябина И.О. Картографическая оценка разнообразия почв России // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2018. № 1. С. 8–15.
4. Ерусалимский В.И., Рожков В.А. Многофункциональная роль защитных лесных насаждений // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2017. № 88. С. 121–137.
5. Заздравных Е.А. Пространственно-временные особенности трансформации пахотных почв лесостепи на юге Среднерусской возвышенности. Дис. ... канд. геогр. н. Белгород: НИУ “БелГУ”, 2017. 200 с.
6. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
7. Красильников П.В., Герасимова М.И., Голованов Д.Л., Конюшкова М.В., Сидорова В.А., Сорокин А.С. Почвенное разнообразие и его значение в контексте современной географии почв // Почвоведение. 2018. № 1. С. 1–13. <https://doi.org/10.7868/S0032180X1801001X>
8. Кретинин В.М. Мониторинг плодородия почв лесоаграрных ландшафтов лесостепной зоны // Докл. ВАСХНИЛ. 1992. № 3. С. 16–20.
9. Смирнова М.А., Герасимова М.И. Отделы в Классификации почв России: оценка корректности выделения по таксономическим расстояниям // Поч-

- ведение. 2017. № 3. С. 275–288.  
<https://doi.org/10.7868/S0032180X1703011X>
10. *Стеценко А.В.* Возможности предотвращения негативных изменений в сельском хозяйстве с помощью экономических механизмов, заложенных в Киотском протоколе. [Электронный ресурс], 2011. URL: <http://kyotoforests.narod.ru>
  11. *Хитров Н.Б.* Создание детальных почвенных карт на основе интерполяции данных о свойствах почв // Почвоведение. 2012. № 10. С. 1045–1056.
  12. *Чегодаева Н.Д., Каргин И.Ф., Астрадамов В.И.* Влияние полевых защитных лесных полос на водно-физические свойства почвы и состав населения жуужлиц прилегающих полей: монография. Саранск: Мордовское кн. изд-во, 2005. 125 с.
  13. *Чендев Ю.Г., Криушин В.П.* Пространственно-временные изменения некоторых черноземов Восточно-Европейской равнины // Известия РАН. Сер. Географическая. 2007. № 1. С. 73–82.
  14. *Щеглов Д.И.* Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. М.: Наука, 1999. 214 с.
  15. *Bockheim J.G., Schliemann S.A.* Soil richness and endemism across an environmental transition zone in Wisconsin, USA // *Catena*. 2014. V. 113. P. 86–94.  
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.09.011>
  16. *Brandle J.R., Hodges L., Zhou X.H.* Windbreaks in North American agricultural systems // *Agroforestry Systems*. 2004. № 61. P. 65–78.
  17. *Chendev Yu., Gennadiev A., Sauer T., Terekhin E., Matveev S.* Forests advancements to grasslands and their influence on soil formation: Forest Steppe of the Central Russian Upland // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2019. V. 392. P. 012003.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/012003>
  18. *Costantini E.A.C., L'Abate G.* The soil cultural heritage of Italy: Geodatabase, maps, and pedodiversity evaluation // *Quaternary International*, 2009. Iss. 1–2. P. 142–153.  
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.02.028>
  19. *Fu T., Han L., Gao H., Liang H., Liu J.* Geostatistical analysis of pedodiversity in Taihang Mountain region in North China // *Geoderma*. 2017. V. 11. № 32. P. 91–99.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.05.010>
  20. *Ibanez J.J., Vargas R.J., Vazquez-Hoehne A.* Pedodiversity State of the Art and Future Challenges // *Pedodiversity*. London: CRC press, 2013. P. 1–28.  
<https://doi.org/10.1201/b14780-2>
  21. *Kort J.* Benefits of windbreaks to field and forage crops // *Agricultural Ecosystems and Environment*. 1988. V. 22/23. P. 165–190.  
<https://doi.org/10.1016/b978-0-444-43019-9.50018-3>
  22. *Minasny B., McBratney A.B.* Incorporating taxonomic distance into spatial prediction and digital mapping of soil classes // *Geoderma*. 2007. V. 142. P. 285–293.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.08.022>
  23. *Minasny B., McBratney A.B., Hartemink A.E.* Global pedodiversity, taxonomic distance, and the World Reference Base // *Geoderma*. 2010. V. 155. P. 132–139.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.04.024>
  24. *Perry C.H., Woodall C.W., Liknes G.C., Schoeneberger M.M.* Filling the gap: improving estimates of working tree resources in agricultural landscapes // *Agroforestry Systems*. 2009. V. 75. № 1. P. 91–101.  
<https://doi.org/10.1007/s10457-008-9125-6>
  25. *Petersen A., Grongroft A., Miehlich G.* Methods to quantify the pedodiversity of 1 km<sup>2</sup> areas – results from southern African drylands // *Geoderma*. 2009. V. 155(3–4). P. 140–146.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.07.009>
  26. *Rao C.R.* Diversity and dissimilarity coefficients: A unified approach // *Theoretical Population Biology*. 1982. V. 21. № 1. P. 24–43.  
[http://dx.doi.org/10.1016/0040-5809\(82\)90004-1](http://dx.doi.org/10.1016/0040-5809(82)90004-1)
  27. *Toomanian N., Esfandiarpour I.* Challenges of pedodiversity in soil science // *Eurasian Soil Science*. 2010. V. 43. № 13. P. 1486–1502.  
<https://doi.org/10.1134/S1064229310130089>

## Influence of Forest Shelter Belts on Local Pedodiversity (Belgorod Oblast)

M. A. Smirnova<sup>1,\*</sup>, A. N. Gennadiev<sup>1</sup>, Yu. G. Chendev<sup>2</sup>, and R. G. Kovach<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Moscow State University, Moscow, 119991 Russia

<sup>2</sup>Belgorod State University, Belgorod, 308015 Russia

\*e-mail: [summerija@yandex.ru](mailto:summerija@yandex.ru)

Detailed mapping of soils under a multi-row 50 years old shelter belt (4 km long) crossing diverse landforms was performed as well as of soils of adjacent croplands; this key site was chosen in the Belgorod oblast in the south of the Central Russian Upland. Samples were collected in 30 points both in the central part of the forest belt and at a distance of 30 meters on both sides of the belt. Maps of humus horizon depth, organic carbon content, depth of carbonates in soil profiles, and soil map were compiled; indices of richness, diversity (Shannon, Simpson, Rao) and taxonomic distances (as a quantitative indicator of soil cover contrasts) were calculated. It has been shown that soils under shelter belts are less contrasting among each other and more diverse than in adjacent croplands. The forest belt effect on pedodiversity in the key site extends over adjacent areas affected by periodic waterlogging due to the barrier function of the belt.

*Keywords:* soil cover pattern, Central Russian Upland, pedodiversity, Chernozems, taxonomic distance