

*П. Д. Гурин, Б. Ф. Апарин, Е. Ю. Сухачева*

## ВЛИЯНИЕ ЛЕСОПОСАДОК И ДЛИТЕЛЬНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ

### Введение

Черноземы, занимая значительную часть пахотных земель Российской Федерации, определяют продовольственную безопасность нашей страны. Образно названный В. В. Докучаевым «Царем почв», чернозем чрезвычайно подвержен процессам деградации. Только за последние 100 лет эти ценные почвы потеряли по разным оценкам от 15 до 35% гумуса. Анализ столетней динамики основных свойств черноземов, проведенный при повторном обследовании почв по маршруту экспедиции В. В. Докучаева [1, 2], показал агрогенное переуплотнение и сезонную «цементацию», дегумификацию и ускоренное декарбонирование.

Материалов исследований по проблеме изменения черноземов под антропогенным влиянием накоплено достаточно много [2–10]. Однако очень мало исследований выполнено на датированных пробах почв, имеющих точную географическую привязку [11]. Уникальную возможность для проведения подобного рода мониторинга дают образцы почв, имеющие точную географическую и временную привязку, из коллекций Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева — почвенные пробы, отобранные в 1952 г. Е. А. Афанасьевой при закладке Государственной лесополосы «Пенза—Каменск» во время проведения комплексной экспедиции АН СССР по вопросам полезащитного лесоразведения на Белопрудском стационаре (Волгоградская область).

Цель работы — исследовать изменения свойств черноземов произошедшие в связи с длительным лесоразведением и сельскохозяйственным использованием.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования были черноземы южные (текстурно-карбонатные черноземы и агрочерноземы маломощные глинистые) [12]. Почвы сформировались на плоскоувалистом водоразделе на покровных карбонатных глинах (Волгоградская область, территория Белопрудского стационара комплексной экспедиции АН СССР по вопросам полезащитного лесоразведения) [13].

В 1952 г. Е. А. Афанасьевой при закладке государственной лесополосы были отобраны пробы, которые до настоящего времени хранятся в закрытых сосудах в контролируемых условиях в фондах ЦМП им. В. В. Докучаева (три почвенных разреза до глубины 3 м, пробы отобраны по слоям 10 см). В 2009 и 2010 гг. сотрудниками музея была проведена экспедиция в Волгоградскую область в район Белопрудского стационара с целью уточнения местоположения разрезов, из которых в 1952 г. были отобраны пробы почв. В 2009 г. было заложено 5 опорных разрезов, из них отобраны почвенные пробы до глубины 2 м и более, проведено описание древостоя в лесополосах. Разрезы

№ 1, 2 и 4 заложены под лесом, им соответствуют разрезы № 210, 209, 211, заложённые в 1952 г. Разрез № 3 заложён на пашне, в 2009 г. поле находилось под «черным паром». Разрез № 5 заложён на поле, находящемся под посевами гречихи, между западной и центральной лентами гослесополосы. Для учета случайной и детерминированной изменчивости почв в пространстве [14] с целью уменьшения погрешности определения изменения во времени различных почвенных параметров, вокруг каждого опорного разреза на расстоянии 15–25 м были заложены по 4 прикопки, из которых были отобраны пробы почв до глубины 70 см по десятисантиметровым слоям. В 2010 г. вблизи разреза № 5 был заложён разрез № 6, из которого были отобраны пробы почвы для определения плотности сложения почвы в слое 0–50 см.

Древостой в восточной лесополосе представлен *Fraxinus pennsylvanica* (Ясень пенсильванский), в центральной и западной лесополосах *Acer negúndo* (Клен ясенелистный). Возраст лесополосы 55 лет. Сомкнутость 0,4–0,5. Высота деревьев 12 м.

Непосредственно в полевых условиях на основе сравнительно-географического метода проводились морфологические описания почвенных профилей. Мезоморфологические особенности изучались на воздушно-сухих пробах с помощью бинокля и цветовой шкалы Манселла. Физико-химические свойства почв, содержание общего органического углерода, содержание гигроскопической влаги (ГВ), максимальной гигроскопической влаги (МГ),  $pH_{H_2O}$ , потери при прокаливании (ППП), состав водной вытяжки, гранулометрический состав определялись с помощью общепринятых методик. Определение общего органического углерода и азота проводилось по методике А. И. Попова, которая основана на учете эмиссии  $NH_3$  и  $CO_2$  при химической деструкции пробы почвы [15].

### Результаты исследования и их обсуждение

При сравнении мощностей генетических горизонтов не выявлено достоверных различий между разрезами 1952 г. и современными (табл. 1). Наибольшие различия в морфологии сравниваемых вариантов наблюдались в верхней части профиля (табл. 2 и 3). Важный диагностический морфологический показатель степени воздействия антропогенного фактора — глубина залегания карбонатов и структура.

Структура, особенно гумусового горизонта, нарушена: она либо ореховатая, либо глыбистая на первом уровне, что очень ярко проявляется в вариантах с пашней, и в меньшей степени в вариантах с лесополосой (диагностируется лишь остаточная подплужная подошва). В нижней части гумусового горизонта наблюдается тусклый

Таблица 1. Мощности генетических горизонтов черноземов Белопрудского стационара (см)

БП-1 (p210)	БП-2 (p209)	БП-3	БП-4 (p211)	БП-5
AU 0–20	AU 0–20	PU 0–22(23)	AU 0–20 см	PU 0–20
AU <sub>Ca</sub> 20–35(36)	AU 20–42(50)	AU <sub>Ca</sub> 22(23)–27(31)	AU <sub>Ca</sub> 20–31(37)	AU <sub>Ca</sub> 20–27(29)
CAT <sub>Ca</sub> 35(36)–71(74)	CAT <sub>Ca</sub> 42(50)–93(95)	CAT <sub>Ca</sub> 27(31)–62	CAT <sub>Ca</sub> 31(37)–85	CAT <sub>Ca</sub> 27(29)–83
C <sub>Ca</sub> 71(74)–130	C <sub>Ca</sub> 93(95)–130	C <sub>Ca</sub> 62–230	C <sub>Ca</sub> 85–120	C <sub>Ca</sub> 83–240
C <sub>CaSO<sub>4</sub></sub> 130–230↓	C <sub>CaSO<sub>4</sub></sub> 130–250↓	C <sub>CaSO<sub>4</sub></sub> 230–250↓	C <sub>CaSO<sub>4</sub></sub> 120–250↓	C <sub>CaSO<sub>4</sub></sub> 240–250↓

**Таблица 2. Морфологическое описание профиля чернозема текстурно-карбонатного маломощного. Разрез БП-1**

AU	0–20 см	4/1 10YR, структура ореховато-комковатая, глина, слегка уплотнен сверху, к нижней границе значительно более плотный, копролиты, древесные корни обильны, граница ровная, переход ясный по плотности
AU <sub>Ca</sub>	20–35(36) см	4/1 10YR в основной массе, также попадаются размытые пятна 5/2 10YR (примесь пятен не более 10 %), граница между цветами размытая, структура комковато-ореховатая, глина, уплотнен, копролиты, древесные корни, граница волнистая, переход ясный по цвету
CAT <sub>Ca</sub>	35(36)–71(74) см	Темные затеки около 20% (4/2 10YR). Светлый фон — 5/3 10YR, структура призматически-ореховатая, глина, сильно уплотнен, копролиты, карбонатные новообразования по ходам корней — белоглазка размером около 1,5 мм, есть карбонатный мицелий, кутаны обильны, граница затечная, переход ясный по наличию кутан и белоглазки
C <sub>Ca</sub>	71(74)–130 см	6/4 10YR, структура призматическая, есть тенденция делимости на столбцы, глина, плотный, кутаны редкие, карбонатный мицелий редко, белоглазки нет, граница ровная, переход постепенный по наличию новообразований гипса
C <sub>CaSO<sub>4</sub></sub>	130–230↓ см	6/3 10YR, структура призматическая, глина, плотный, много кристаллов гипса, встречаются небольшие пятнышки цвета 3/1 10YR (до 2 мм) — возможно, мелкие кутаны по ходам корней

**Таблица 3. Морфологическое описание профиля агрочернозема текстурно-карбонатного мелкого. Разрез БП-5**

PU	0–20 см	4/1 10YR, структура комковато-ореховатая, глина, уплотнен, к нижней границе значительно более плотный, копролиты, корни гречихи, граница ровная, переход ясный по плотности
AU <sub>Ca</sub>	20–27(29) см	4/1 10YR в основной массе, также попадаются размытые пятна 5/2 10YR (примесь пятен не более 10 %), граница между цветами размытая, структура комковато-ореховатая, глина, уплотнен, копролиты, корни, граница волнистая, переход ясный по цвету
CAT <sub>Ca</sub>	27(29)–83 см	(4/2 10YR), темные затеки около 20%. Светлый фон — 5/3 10YR, структура призматически-ореховатая, глина, сильно уплотнен, копролиты, карбонатные новообразования по ходам корней — белоглазка размером около 1,5 мм, есть карбонатный мицелий, кутаны обильны, граница затечная, переход ясный по наличию кутан и белоглазки
C <sub>Ca</sub>	83–240 см	5/3 10YR, структура призматическая, есть тенденция делимости на столбцы, глина, плотный, кутаны редкие, карбонатный мицелий редко, белоглазки нет, граница ровная переход постепенный по наличию новообразований гипса
C <sub>CaSO<sub>4</sub></sub>	240–250↓ см	5/3 10YR, структура призматическая, глина, плотный, кристаллы гипса плохо выражены или совсем отсутствуют, встречаются небольшие пятнышки цвета 3/1 10YR (до 2 мм) — возможно, мелкие кутаны по ходам корней

глянец коллоидной пленки на гранях структурных отдельностей, что свидетельствует о перераспределении коллоидной органоминеральной части.

Длительное сельскохозяйственное использование южных черноземов приводит к изменению физических свойств и структуры почвы. Происходит изменение структуры

от ореховато-комковатой до комковатой и даже глыбистой. В нижней части горизонта PU наблюдается большее изменение структуры, которое выражается в увеличении комковатости и появлении более четко выраженных граней структурных отдельных, что обусловлено большим количеством проходов тяжелой техники.

Изменение содержания гумуса и постоянная ежегодная механическая нагрузка приводят к трансформации структуры и других агрофизических свойств чернозема.

Результаты анализа механического состава почвы не выявили заметной разницы между черноземами пашни и лесополосы (рис. 1). Увеличение доли илистой фракции на 10% под пашней по сравнению с лесополосой на глубине 90–170 см может быть обусловлено исходной неоднородностью почвообразующей породы.

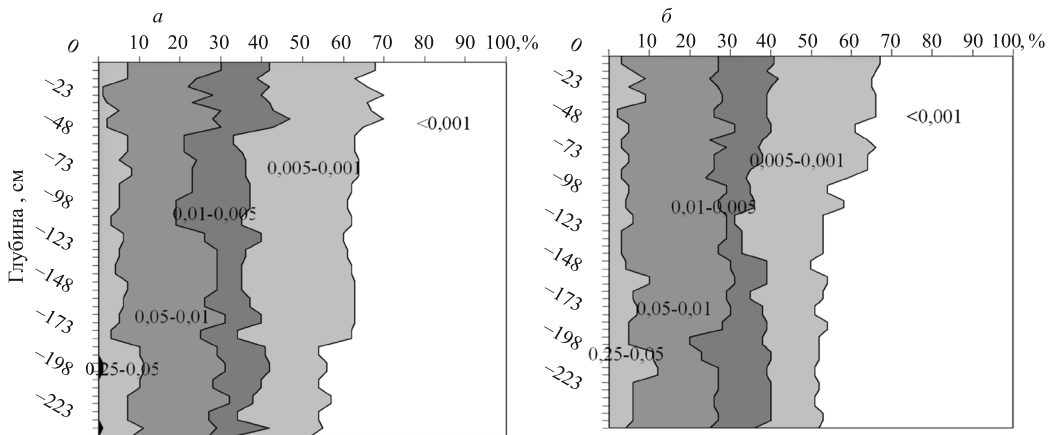


Рис. 1. Гранулометрический состав черноземов Белопрудского стационара (%)

За 55 лет произошло изменение объемной плотности почвы. По данным Е. А. Афанасьевой [13] в 1952 г. в почве западной лесополосы до глубины 0,9 м от поверхности объемная плотность равномерно возрастает с 1,0 до 1,6 г/см<sup>3</sup>. В верхних пяти сантиметрах почвы под влиянием лесонасаждений произошло снижение объемной плотности до 0,8 г/см<sup>3</sup> (рис. 2). Скорее всего, это связано с прекращением воздействия техники и активным развитием корневой системы деревьев в почве под лесополосой. За это же время на пашне объемная плотность возросла до 1,3 г/см<sup>3</sup>, что свидетельствует о значительном переуплотнении и связано с постоянной механической обработкой и антропогенной нагрузкой. Начиная с 35 см объемная плотность почвы под пашней и лесополосой в современных условиях, характеризуется несколько меньшими значениями, чем 55 лет назад (на 0,3 г/см<sup>3</sup>).

Чернозем южный под пашней характеризуется повышенным содержанием фракции >10 мм (рис. 3). Вместе с тем под пашней происходит суммарное снижение количества агрономически ценных агрегатов в среднем на 20% для слоя почвы 0–5 см. Ниже содержание агрономически ценных агрегатов увеличивается. Содержание же агрегатов <0,25 в верхнем слое 0–10 см под пашней снижено по сравнению с лесополосой, что, по-видимому, обусловлено развитием дефляции и эрозии, которое, в свою очередь, могло привести к относительному накоплению устойчивых к этим процессам

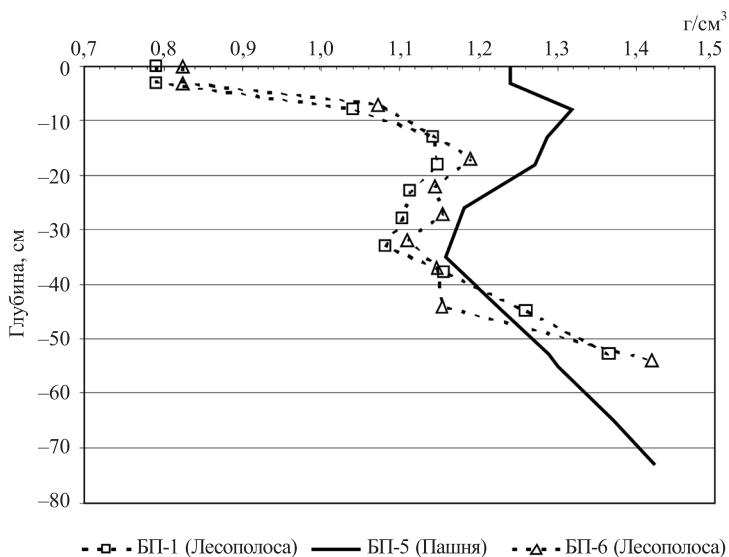


Рис. 2. Плотность сложения черноземов под пашней и лесополосами (г/см<sup>3</sup>)

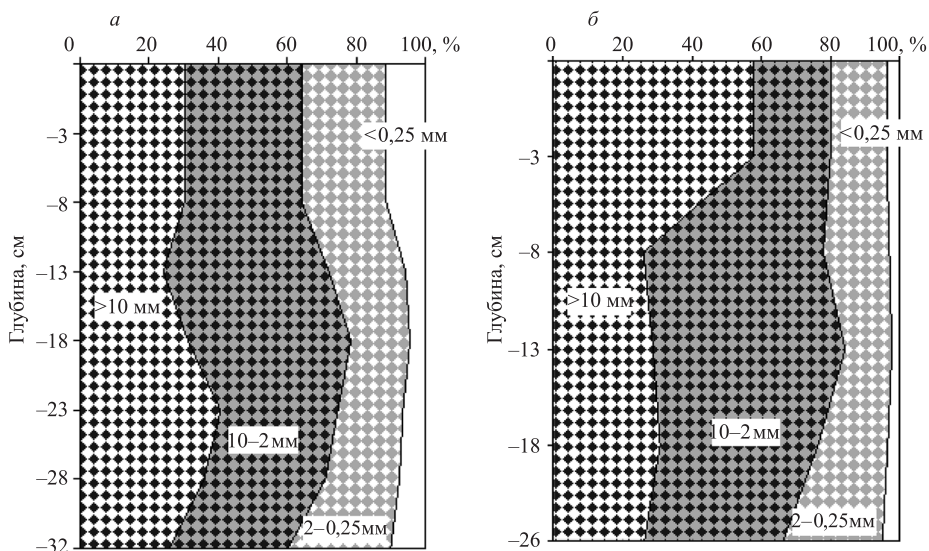


Рис. 3. Агрегатный состав южных черноземов (%)  
Результаты получены методом сухого просеивания.

фракций агрегатов. Мезоморфологическое описание почвенных проб (см. табл. 1 и 2) согласуется с данными анализа агрегатного состояния исследуемых почв.

Основное различие между почвами лесополосы и пашни заключается в увеличении доли фракции >10 мм и уменьшении фракции <0,25 мм в верхнем слое почвы 0–10 см в вариантах с пашней. Это может быть объяснено тем, что на пашне происходит общая деградация структуры и развитие слитизации на фоне переуплотнения.

В почвах под лесополосой происходит снижение содержания агрономически ценных агрегатов на глубине 15–30 см, что в сочетании с более высокой плотностью делает возможным предположение о сохранении подплужной подошвы еще со времен распашки этих почв.

Изменения структурного состояния в гумусовом горизонте почв происходят не только на макроуровне, определяемом комплексом почвенных условий и процессов, изменяющихся при усилении антропогенной нагрузки, но, прежде всего на мезо-уровне, что выявили мезоморфологические исследования.

Было произведено сравнительное мезоморфологическое описание под бинокуляром отобранных проб черноземов южных. Анализ результатов мезоморфологического описания почвенных проб из центральных разрезов и прокопок показал высокую степень однородности почвенного покрова исследованной территории (цвет, структура, мощность генетических горизонтов практически не изменяется).

Во всех разрезах до глубины 170–180 см обнаружены гумусовые кутаны. На глубине 60–110 см во всех почвах выявлена тенденция к делимости на столбчатые отдельности. По-видимому, это вызвано увеличением доли натрия в ППК.

На глубине 200–250 см наблюдаются значительные различия между разрезами. Так в разрезе № 1 (западная лесополоса) новообразования гипса хорошо выражены (вплоть до сростков размером 10 мм), тогда как в остальных разрезах они представлены мелкими кристаллами и пятнышками гипса (1–2 мм). Возможно, это вызвано перепадами в микрорельефе, что ведет к перераспределению поверхностных вод. Эта неоднородность хорошо соотносится с результатами анализа вытяжки водорастворимых солей, полученными в 1952 г. Е. А. Афанасьевой [13].

По результатам определения рН водной суспензии почвы (рис. 4) наблюдается относительное подкисление (на 0,3 и 0,9 рН) на глубине 15 см в разрезах под лесополосой в сравнении с пашней, что соотносится с литературными данными [11]. В слое почвы 30–100 см наблюдаются сходные тенденции изменения рН почвы. В нижней части

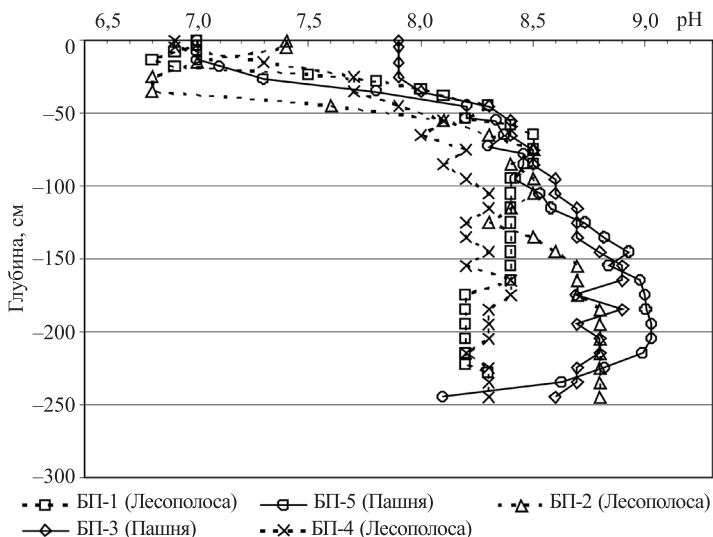


Рис. 4. Водородный показатель южных черноземов

профиля различия рН могут быть обусловлены исходной неоднородностью почвообразующих пород и накоплением гидрокарбоната натрия под пашней (что соотносится с данными анализа водной вытяжки).

По показателю рН почва, в особенности под лесополосой, характеризуется значительной пространственной вариабельностью (как видно из табл. 4, разница между максимальным и минимальным полученными значениями составляет 1,2 ед. рН для верхнего горизонта 0–10 см. Начиная с глубины 40 см разница между шурфами и центральным разрезом не превышает 0,1 ед. рН).

Таблица 4. Пространственная изменчивость рН водной суспензии в прикопках вокруг разреза БП-1 (лесополоса)

Прикопка	Глубина см	рН <sub>Н<sub>2</sub>О</sub>	Прикопка	Глубина, см	рН <sub>Н<sub>2</sub>О</sub>
БП-1-1	0–10	6,9	БП-1-3	0–10	6,1
	10–20	7,0		10–20	6,6
	20–30	7,6		20–30	6,9
	30–40	8,0		30–40	7,5
	40–50	8,2		40–50	8,0
	50–60	8,3		50–60	8,2
БП-1-2	60–70	8,3	БП-1-4	60–70	8,3
	0–10	6,9		0–10	7,3
	10–20	7,4		10–20	7,8
	20–30	7,8		20–30	7,9
	30–40	7,9		30–40	7,9
	40–50	8,2		40–50	8,1
	50–60	8,2		50–60	8,2
	60–70	8,3		60–70	8,3

По сравнению с 1952 г. произошло незначительное перераспределение солей в пределах профилей почв. При этом пики максимального содержания легкорастворимых солей сохранились на тех же глубинах. Важно отметить, что концентрация легкорастворимых солей невысока — 0,5 мэкв/100 г для слоя почвы 0–50 см и около 1,0 мэкв/100 г в слое 50–100 см, что составляет 0,02–0,05% от массы почвы. Максимальная концентрация легкорастворимых солей наблюдается на глубине 250 см и составляет 0,2% от массы почвы. Наблюдается незначительное повышение концентрации легкорастворимых солей в варианте с пашней в верхней части профиля, что может быть обусловлено низкой транспирацией из нижних горизонтов и высоким испарением с поверхности.

Сохранился характер распределения гипса под западной лентой лесополосы (максимумы содержания на 180 и 220 см), но произошло относительное накопление гипса на 50% по сравнению с содержанием в 1952 г. Под центральной лентой лесополосы характер распределения гипса изменился — повысилась верхняя граница гипсового горизонта. Содержание водорастворимого сульфата возросло на глубине 140 см и снизилось в два раза на глубине бывшего максимума, возможно, это вызвано перераспределением гипса по профилю вследствие иссушения почвы древесной растительностью.



В разрезах на современной пашне наблюдается наибольшая глубина залегания гипсового горизонта по сравнению с 1952 г. и разрезами в лесополосе 2009 г. Глубина в среднем ниже на 60 см. Вероятно, это обусловлено большим промачиванием пашни по сравнению с лесом вследствие большего снегонакопления и пониженной транспирации культурных растений.

Глубина вскипания в среднем составляет 25 см по всем разрезам, заложенным в 2009 г., что фактически не отличается от показателей 1952 г.

По сравнению с состоянием на 1952 г. наблюдается снижение содержания гумуса на 2% под пашней (рис. 5). Напротив, под лесополосой возрастом 55 лет отмечено увеличение содержания гумуса на 1% в верхнем слое почвы 20 см. Высокая потеря гумуса под пашней и выравнивание его концентрации по профилю подтверждают данные о деградации почвы по ранее разобранным характеристикам. В свою очередь, под лесополосой произошло накопление органического вещества, при этом характер распределения гумуса по профилю практически не отличается от аналогичных данных для проб почвы на 1952 г. Подобные данные были получены и другими исследователями [16].

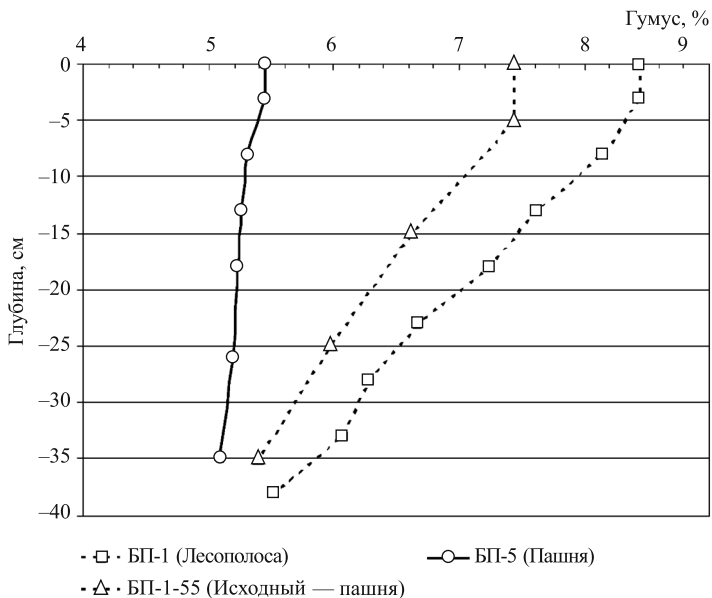


Рис. 5. Содержание гумуса в южных черноземах (%)

Профиль распределения азота под лесополосой находится в иной зависимости от содержания гумуса, чем под пашней (рис. 6). По-видимому, это может быть обусловлено вовлечением азота и других биофильных элементов в биомассу древесной растительности. Тем не менее, в верхнем 15-сантиметровом слое почвы содержание общего азота выше, чем на аналогичной глубине 55 годами ранее. Это может быть обусловлено тем, что корни деревьев перехватывают элементы питания более активно, начиная с глубины 15 см. Отсутствие травянистой растительности в напочвенном покрове усиливает эффект относительной аккумуляции азота в верхнем 15-сантиметровом слое почвы. Результаты расчета отношения C/N (рис. 7) подтверждают эту закономерность.



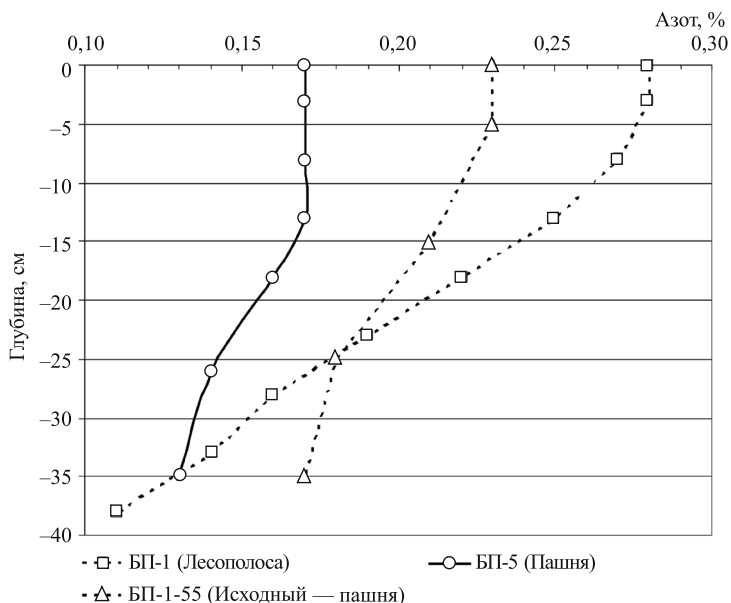


Рис. 6. Содержание общего азота в южных черноземах (%)

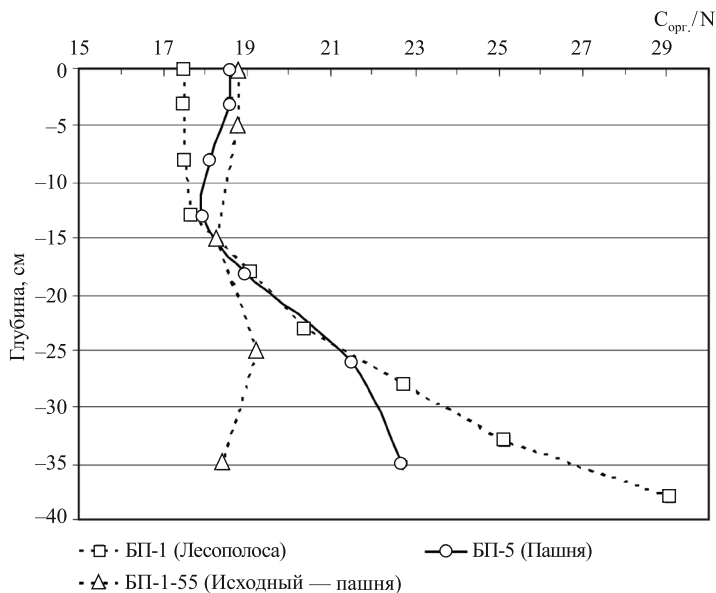


Рис. 7. Отношение общего органического углерода к общему азоту в южных черноземах

В целом обогащенность органического вещества азотом увеличилась с течением времени лишь под лесополосой на глубине 15 см, тогда как нижележащие слои характеризуются увеличением отношения C/N, что может указывать в случае пашни на малоэффективный севооборот и агротехнику, а в случае с лесополосой на изъятие азота древесной растительностью.

## Заключение

Выявлены изменения свойств пахотных черноземов под лесополосами 55-летнего возраста. Отмечено снижение плотности сложения слоя почвы 0–20 см на 0,1–0,2 г/см<sup>3</sup>. В аналогичном слое увеличилось содержание гумуса на 1% по сравнению с исходной пашней. По солевому профилю получены неоднозначные данные: сохранился характер распределения гипса под западной лентой лесополосы (максимумы содержания на 180 и 220 см), но произошло относительное накопление гипса на 50% по сравнению с содержанием в 1952 г. Под центральной лентой лесополосы характер распределения гипса изменился — повысилась верхняя граница гипсового горизонта. Содержание водорастворимого сульфата возросло на глубине 140 см и снизилось в два раза на глубине бывшего максимума в два раза, возможно, это вызвано перераспределением гипса по профилю вследствие иссушения почвы древесной растительностью. В целом произошло улучшение физико-химических условий произрастания растений.

Диагностирована высокая степень деградации южных черноземов Белопрудского стационара за 55 лет интенсивного сельскохозяйственного использования. Выявлено уплотнение пахотного слоя почвы на 0,25 г/см<sup>3</sup> по сравнению с исходным значением (1,00 г/см<sup>3</sup>), а также снижение содержания гумуса на 2%. В разрезах на современной пашне наблюдается наибольшая глубина залегания гипсового горизонта по сравнению с 1952 г. Глубина в среднем ниже на 60 см. Возможно, это обусловлено большим промачиванием пашни по сравнению с лесом вследствие большего снегонакопления после посадки лесополосы и пониженной транспирации культурных растений. В целом длительное сельскохозяйственное использование привело к ряду ухудшений физико-химических условий произрастания растений.

Почва под пашней характеризуется более низким (на 19%) содержанием агрономически ценной фракции агрегатов в верхнем слое 0–10 см по сравнению с лесополосой и более высоким рН водной суспензии (под пашней 7,8–8,5, а под лесополосой 7–7,5) и более высокой плотностью сложения в верхнем слое 0–10 см (плотнее, чем под лесополосой на 0,45 г/см<sup>3</sup>). Длительное сельскохозяйственное использование не привело к значительным изменениям гранулометрического состава исследуемых почв. Под лесополосой также не установлены изменения. Как под пашней, так и под лесополосой глубина вскипания не изменилась. По-видимому, за 55 лет со времени закладки опорных разрезов между южными черноземами под лесополосой и под пашней сформировались значительные различия, преимущественно коснувшиеся их физических свойств и гумусного состояния.

## Литература

1. Антропогенная эволюция черноземов / отв. ред. А. П. Щербаков. Воронеж, 2000. 411 с.
2. Медведев В. В. Некоторые изменения физических свойств черноземов при обработке // Почвоведение. 1979. № 1. С. 79–87.
3. Абакумов Е. В., Апарин Б. Ф., Лапенис А., Косаки Т. Изменение органического вещества типичного чернозема за 30 лет на основе изучения почвенного монолита // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 3: Биология. 2009. № 2. С. 113–123.
4. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО / под ред. А. П. Щербакова, И. И. Васенева. Курск, 1996. 380 с.

5. *Адерихин П. Г.* Изменение физических свойств почв черноземного типа под влиянием антропогенных факторов // Проблемы повышения продуктивности черноземных почв. Харьков, 1983. 238 с.
6. *Апарин Б. Ф.* Эволюционные модели плодородия почв. СПб.: Изд-во. С.-Петербур. ун-та, 1997. 292 с.
7. *Апарин Б. Ф., Каррыев Б. Б., Журнова Н. А.* Влияние лесного биоценоза на изменения физико-химических свойств и состава гумуса черноземов обыкновенных Приазовья // Роль органического вещества в формировании почв и их плодородия. М., 1990. С. 188–126.
8. *Медведев В. В.* Некоторые изменения физических свойств черноземов при обработке // Почвоведение. 1979. № 1. С. 79–87.
9. *Чевурдин Ю. И., Павлюченко А. У., Титова Т. В.* Структурное состояние чернозема обыкновенного при антропогенных воздействиях в кормовом севообороте // Черноземы России: экологическое состояние и современные почвенные процессы: материалы Всероссийской конференции, посвященной 70-летию кафедры почвоведения и агрохимии Воронежского государственного университета. Воронеж: ВГУ, 2006. С. 246–248.
10. *Щеглов Д. И.* Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием антропогенных факторов. М.: Наука, 1999. 242 с.
11. *Climat dependency of tree growth suppressed by acid deposition effects on soils in northwest Russia / G. B. Lawrence, A. G. Lapenis, B. Berggren, B. F. Aparin, K. T. Smith, W. C. Shortle, D. L. Varlyguin, B. Babikov // Environmental science and Technology. 2005. Vol. 39, N 7. P. 2004–2010.*
12. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. М.: Ойкумена, 2004. 342 с.
13. *Афанасьева Е. А.* Водно-солевой режим обыкновенных и южных черноземов юго-востока Европейской части СССР. М.: Наука, 1980.
14. *Хитров Н. Б.* Подход к ретроспективной оценке изменения состояния почв во времени // Почвоведение. 2008. № 8. С. 899–912.
15. *Абакумов Е. В., Попов А. И.* Определение в одной пробе углерода, азота и окисляемости, а также углерода карбонатов // Почвоведение. 2005. № 2. С. 187–195.
16. *Давыдов И. В.* Состав и свойства черноземов обыкновенных и южных в условиях интенсивного землепользования: на примере северо-западной и центральной части Ростовской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2008. 221 с.

Статья поступила в редакцию 15 декабря 2011 г.