

ности от 0,3 до 1,2) – Sr, Co, Ba, Cr, Hg, Tb, Sm; наименее подвижные элементы (коэффициент подвижности от 1,3 до 1,7) – Eu, Fe, Nd, La, Ce, Th, Hf.

Таблица 2

Микроэлементный состав талой снеговой воды и твердого осадка снега в зоне воздействия теплоэлектростанции г. Томска

	Cr	Fe	Zn	As	Sr	Ba	Ce	Tb	W	Hg	Th	U
Талая снеговая вода мг/дм ³ *10 ³												
Фон ¹	0,2	15,5	3,7	0,4	2,5	2,4	0,06	0,003	0,004	0,003	0,003	0,01
I	0,6	82,9	56,8	1,0	9,5	33,3	0,1	0,003	0,100	0,003	0,010	0,03
II	0,5	63,1	86,2	0,9	12,7	15,9	0,1	0,003	0,084	0,003	0,008	0,02
Твердый осадок снега, мг/кг												
Фон ¹	110	1,87*	0,01*	0,5	100	0,01*	10,3	0,06	2,6	0,08	2,9	0,2
I	63,7	3,0*	0,10*	25,7	401	0,10*	63,1	0,6	24,0	0,3	6,6	2,4
II	91,8	3,9*	0,30*	34,8	528	0,13*	86,3	0,8	22,1	0,6	9,6	3,5

Примечание: ¹ – локальный фон; * – содержание в %I – ближняя зона воздействия – до 1000 м от труб теплоэлектростанции, II – дальняя зона воздействия – 1000-2000 м от труб теплоэлектростанции.

В результате проведенных исследований были определены особенности поведения в жидкой и твердой фазах снегового покрова приоритетных химических элементов, являющихся индикаторами выбросов от теплоэлектростанции г. Томска

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента для поддержки молодых российских ученых (МК 951.2013.5).

Литература

1. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 111 с.
2. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186 № 2932-83. М.: Госкомгидромет, 1991. – 693 с.
3. Язиков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: дис. ... докт. геолого-минерал. наук. Томск, 2006. – 423 с.
4. Язиков Е.Г., Таловкая А.В., Жорняк Л.В. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв. Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2010. – 264 с.

УДК 631.4

НАПРАВЛЕННОСТЬ И СТАДИАЛЬНОСТЬ АГРОТЕХНОГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ И НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АВТОМОРФНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЛЕСОСТЕПИ

Ю.Г. Чендев¹, О.С. Хохлова², А.Л. Александровский³

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет,

²Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино,

³Институт географии РАН, г. Москва, Россия

Проблема антропогенной трансформации почв является одной из основополагающих в современном почвоведении. Ее решение напрямую связано с экологическим и экономическим благополучием регионов, стран и мира в целом. Развитие теории антропогенной эволюции почв углубляет фундаментальные основы почвоведения и ставит эту науку в ряд наиболее важных научных дисциплин современности.

Авторы статьи на протяжении ряда лет изучают изменение во времени зональных почв лесостепи центра Восточной Европы под влиянием длительного богарного земледелия. В данной работе приводятся результаты исследования агротехногенной эволюции морфогенетических и ряда физических свойств лесостепных черноземов.

Исследования проводились на территории Центрального Черноземья в Белгородской, Воронежской и Курской областях (рис. 1). Максимальное количество ключевых участков (6 из 8) было изучено в Белгородской области.



Рис. 1. Картограмма мест исследования агротехногенной эволюции черноземов. Условные обозначения: 1 – ключевые участки и их номера; 2 – северная и южная граница лесостепи; 3 – административные границы областей. Ключевые участки исследования: 1 – «Стрелецкая Степь», 2 «Сафоновка», 3 – «Верхопенье», 4 – «Болховецкий», 5 – «Жимолостное», 6 – «Юрьевка», 7 – «Ямская Степь», 8 – «Каменная Степь».

Объекты исследования – естественные черноземы, формирующиеся на ровных водоразделах, и их пахотные аналоги разных сроков распашки.

Изучались следующие подтипы лесостепных черноземов: черноземы оподзоленные (ключевой участок «Верхопенье»), черноземы выщелоченные (ключевые участки «Стрелецкая Степь» и «Жимолостное»), черноземы типичные (ключевые участки «Сафоновка», «Жимолостное», «Болховецкий», «Юрьевка», «Ямская Степь»), черноземы обыкновенные (ключевой участок «Каменная Степь»). Сравнивались признаки парных почв на угодьях «целина-пашня» (участки «Стрелецкая Степь», «Болховецкий», «Ямская Степь», «Каменная Степь»), а также целинных почв и на пашнях разного возраста (участки «Сафоновка», «Верхопенье», «Жимолостное», «Юрьевка»). Возраст пахотных угодий определялся с помощью разновременных достоверных крупномасштабных карт, архивных и литературных сведений, и дополнительно путем опроса местных жителей (как, например, на участке «Юрьевка» была выявлена пашня фермерского землевладения с возрастом освоения 16 лет). Исторические смены приемов земледелия на всех ключевых участках были идентичными. Распашка почв на конной тяге с помощью сохи и плуга в 1930-х гг. сменилась плужной механизированной обработкой тракторами. Глубина распашки почв в XVIII – начале XX вв. была относительно мелкой (до 15 см). Направленный тренд возрастания глубины вспашки (до 30 см и более) наблюдался с 1930-х до конца 1980-х гг. В 2000-х – 2010-х гг. на ряде участков снова появилась тенденция снижения глубины вспашки в связи с применением новых технологий обработки почв (с помощью плоскорезов, дискования и др.). Агрохимиче-

ские мелиорации черноземов за всю историю их сельскохозяйственного использования следует признать недостаточно эффективными. До середины 1950-х гг. пахотные черноземы либо вообще не удобрялись, либо в них фрагментарно вносились малые дозы удобрений. С 1960-х гг. удобрение полей стало применяться систематически, однако дозы вносимых удобрений продолжали оставаться ниже рекомендуемых норм. Ежегодные дозы вносимого на поля подстилочного навоза никогда не превышали 5-6 т/га, тогда как для поддержания бездефицитного баланса гумуса в черноземах они должны составлять не менее 10 т/га. Только на протяжении последних 5 лет в некоторых хозяйствах Центрального Черноземья (например, в агрохолдинге «Ивнянский» Белгородской области) уровень агротехники стал высоким. В целом следует признать, что на всех участках исследования большую часть периода распашки черноземов господствовало экстенсивное земледелие, не восполнявшее утрату их плодородия. Эта картина, к сожалению, продолжает оставаться типичной для практики земледелия в Центральном Черноземье.

По результатам сравнительного анализа профилей целинных и пахотных черноземов нами были выявлены следующие наиболее существенные изменения во времени их морфогенетических свойств. Линейными трендами аппроксимируются снижение мощности гумусового профиля (Апах+А1+А1В), а также поднятие к поверхности глубины залегания карбонатов. На ряде участков нами было обнаружено поднятие карбонатов к поверхности в первые 100-150 лет распашки с последующим понижением линии вскипания, что заставляет думать о более сложном стадийном характере агротехногенной эволюции карбонатного профиля лесостепных черноземов. В целом, за более чем 200-летний период распашки изученных нами лесостепных черноземов мощность их гумусового профиля снижалась со средней скоростью 5,5 см/100 лет (разброс значений от 3,1 до 11,3 см/100 лет), а уровень залегания карбонатов поднимался в среднем со скоростью 13,5 см/100 лет (разброс значений от 3,3 до 39,1 см/100 лет).

Снижение мощностей гумусоаккумулятивных профилей пахотных почв на ровных водоразделах в лесостепной и степной зонах Восточной Европы трактуется с позиций незначительного преобладания скорости многолетней водной эрозии на выровненной пашне над скоростью квазиклиматического почвообразования и с учетом эффекта агротехногенного уплотнения почв (Агроэкологическое ..., 1996; Иванов, Табанакова, 2003). Также существует мнение о постоянно идущей дефляции мелкозема с поверхности пахотных почв степной зоны (Ушачева, Звягинцев, 2000).

Повышение уровней залегания карбонатов в пахотных лесостепных черноземах логично объяснить их подтяжкой в результате усиления физического испарения с поверхности пахотных полей в начале и в конце вегетации культурной растительности (Афанасьева, 1966; Лебедева, 2002 и др.). По результатам наших исследований, в пахотную стадию в профилях черноземов возрастает обилие карбонатного мицелия, который пересегрегируется из внутриведной массы на поверхность агрегатов; пятна карбонатной плесени, фрагментарно встречающиеся на поверхности педов в целинных черноземах, в пахотную стадию развития занимают значительно большую часть поверхности структурных отдельностей. По трещинной сети происходит формирование карбонатных корочек-кутан, а на двучленных материнских породах (участок «Жимолостное» с маломощными карбонатными лессовидными суглинками, подстилаемыми бескарбонатными песками) в нижней части почвенных профилей вдоль магистральных трещин происходит усиленное образование сегрегированных карбонатов в форме скоплений журавчиков и белоглазки. Однако, как указывалось выше, это, возможно, слишком упрощенная характеристика более сложной картины стадийных смен почвообразовательных процессов, формирующих карбонатный профиль пахотных черноземов.

Общими для всех участков исследования морфогенетическими изменениями профилей пахотных черноземов также являются ухудшение структурного состояния почв (до глубины, по крайней мере, 50 см) и формирование сети магистральных трещин, особенно выразительное в нижней половине почвенных профилей.

Закономерности агротехногенной эволюции плотности почв в слоях 0-20 и 20-40 см изученных нами черноземов имеют вид математических зависимостей (рис. 2).

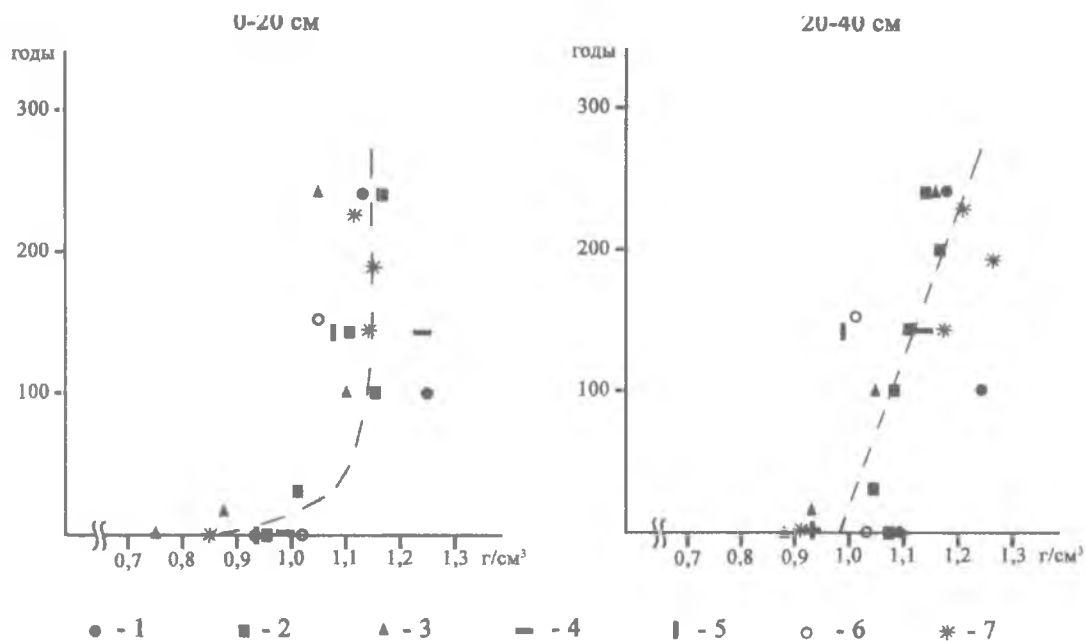


Рис. 2. Распределение плотности почв в слоях 0-20 и 20-40 см черноземов изученных агрохронорядов. Участки исследования: 1 – «Верхопенье», 2 – «Жимолостное», 3 – «Юрьевка», 4 – «Стрелецкая Степь», 5 – «Ямская Степь», 6 – «Каменная Степь»; 7 – «Сафоновка».

Изменение во времени плотности в слое 0-20 см (пахотный горизонт) подчиняется экспоненциальной зависимости с тенденцией достижения равновесного состояния по данному показателю через 100 лет распашки. За этот период плотность сложения возрастает с $0,9 \text{ г/см}^3$ до $1,15 \text{ г/см}^3$ при средней интенсивности роста показателя $0,02 \text{ г/см}^3$ в 10 лет. В слое 20-40 см (нижняя часть пахотного горизонта – подпашная подошва) плотность возрастает во времени по линейной зависимости. За 240 лет распашки в данном слое плотность изменяется от $0,98 \text{ г/см}^3$ в целинных черноземах до $1,22 \text{ г/см}^3$ в старопашотных черноземах при средней интенсивности роста показателя $0,01 \text{ г/см}^3$ в 10 лет. Значения общего снижения плотности в слоях 0-20 см и 20-40 см за 240 лет распашки оказались примерно одинаковыми: в слое 0-20 см – $0,25 \text{ г/см}^3$, а в слое 20-40 см – $0,24 \text{ г/см}^3$ (рис. 2). Указанные изменения эквивалентны сжатию слоя 0-50 см целинных черноземов на 10,4 см при средней скорости снижения мощности $4,3 \text{ см/100 лет}$. Эта величина близка к установленной нами скорости снижения мощности гумусового профиля пахотных черноземов ($5,5 \text{ см/100 лет}$).

Из 4-х изученных «длинных» агрохронорядов черноземов максимальной полнотой данных (включая недавно полученные результаты лабораторных анализов почв) характеризуются участки «Верхопенье», «Жимолостное» и «Юрьевка». Это позволило провести комплексный анализ распашанных почв данных участков по дополнительным показателям – профильному распределению илистой фракции и коэффициенту структурности.

Общей закономерностью, раскрывающей пространственно-временные изменения распределения с глубиной ила на 3-х рассматриваемых участках (рис. 3), выступает обогащение илистой фракцией пахотных черноземов по сравнению с фоновыми (целинными) аналогами, причем на участках «Юрьевка» и «Верхопенье» особенно заметное (на 8-10 абс. %) накопление ила обнаруживается до глубин 40 и 60 см соответ-

ственно. На участке «Жимолостное» накопление ила в пахотных черноземах не такое выразительное, но оно также присутствует. Четко выраженный тренд накопления ила наблюдается в течение первых 100 лет распашки. На дальнейших стадиях распашки темпы накопления илистой фракции в профилях изученных черноземов, вероятно, снижаются (рис. 3). Поэтому можно предположить, что по данному показателю черноземы 100-летней пашни достигают квазиравновесия с новой комбинацией факторов среды, обусловленной распашкой. Вопрос о механизме накопления ила в пахотных черноземах требует дальнейшего изучения. Судя по выявленному оглиниванию (рис. 3), есть основания полагать, что распашка стимулирует внутripочвенное выветривание первичных минералов грубодисперсной фракции с образованием тонкодисперсных глинистых минералов. На возможность оглинивания пахотных лесостепных черноземов имеются указания в литературе (Агроэкологическое..., 1996; Бутова и др., 1996). Также заметную роль здесь может играть агрогенное разрушение почвенных микроагрегатов.

Профильное распределение коэффициента структурности в изученных агрохронорядках черноземов (рис. 4) также позволяет выявить некоторые закономерности их агротехногенной эволюции. На всех участках проявилась стадильность изменения во времени структурно-агрегатного состава почв. Нами предлагается выделение 3-х стадий этой эволюции. Первая стадия длится в течение 50-70 лет после начала распашки черноземов. Для нее характерно снижение коэффициента структурности до глубины 1 метра, но особенно заметное в верхнем полуметре почвенного профиля. Вторая стадия длится в интервале времени с 50-70 до 160-180 лет после начала распашки. Для нее характерны самые низкие значения коэффициента структурности в пахотных горизонтах почв и незначительные изменения профильного распределения данного показателя во времени. Третья стадия характеризуется тенденцией незначительного роста коэффициента структурности в пахотных горизонтах черноземов. Для выяснения причин данного роста требуется проведение дополнительных исследований.

Характерной особенностью второй и третьей стадий агротехногенной трансформации коэффициента структурности является образование в слое 20-60 см глубинного максимума данного показателя (рис. 4). Это явление можно объяснить процессами перераспределения по профилю мобильных органо-минеральных соединений и подвижного гумуса (с выраженными клеящими свойствами), которыми пропитываются почвенные агрегаты в нижней части горизонта A1 и в горизонте A1B (Ахтырцев, Шевченко, 1970; Уваров, 1997).

Итак, основные выводы по результатам проведенного исследования.

1. Агротехногенная эволюция морфогенетических и физических признаков автоморфных лесостепных черноземов – достаточно быстро протекающее явление, которое охватывает весь почвенный профиль.

2. За 240 лет непрерывной распашки автоморфных черноземов лесостепи в них происходило снижение мощности гумусовых профилей со средней скоростью 5,5 см/100 лет, поднятие верхней границы залегания карбонатов со средней скоростью 13,5 см/100 лет, возрастание плотности почв в нижней части пахотного горизонта и подпашной подошвы (слой 20-40 см) со средней скоростью 0,1 г/см³ в 100 лет.

3. Установлены стадильные изменения ряда почвенных процессов при распашке лесостепных черноземов. В пахотном горизонте черноземов (слой 0-20 см) идентифицированы первая стадия быстрого снижения плотности в течение первых 100 лет распашки и последующая стадия ее стабилизации. Выявлена первая стадия заметного накопления ила в верхней половине профиля пахотных черноземов (первые 100 лет распашки) и последующая стадия снижения интенсивности данного процесса. Идентифицированы стадии изменения во времени коэффициента структурности. Первая ста-

дия интенсивной деградации данного показателя длится 50-70 лет после начала распашки черноземов. Вторая стадия минимальных значений показателя в пахотных горизонтах и образования его глубинного максимума в подпахотном слое продолжается в интервале времени 50(70)-160(180) лет распашки. В дальнейшем наступает третья стадия незначительного роста коэффициента структурности в пахотном горизонте при сохраняющемся глубинном максимуме показателя в подпахотном слое.

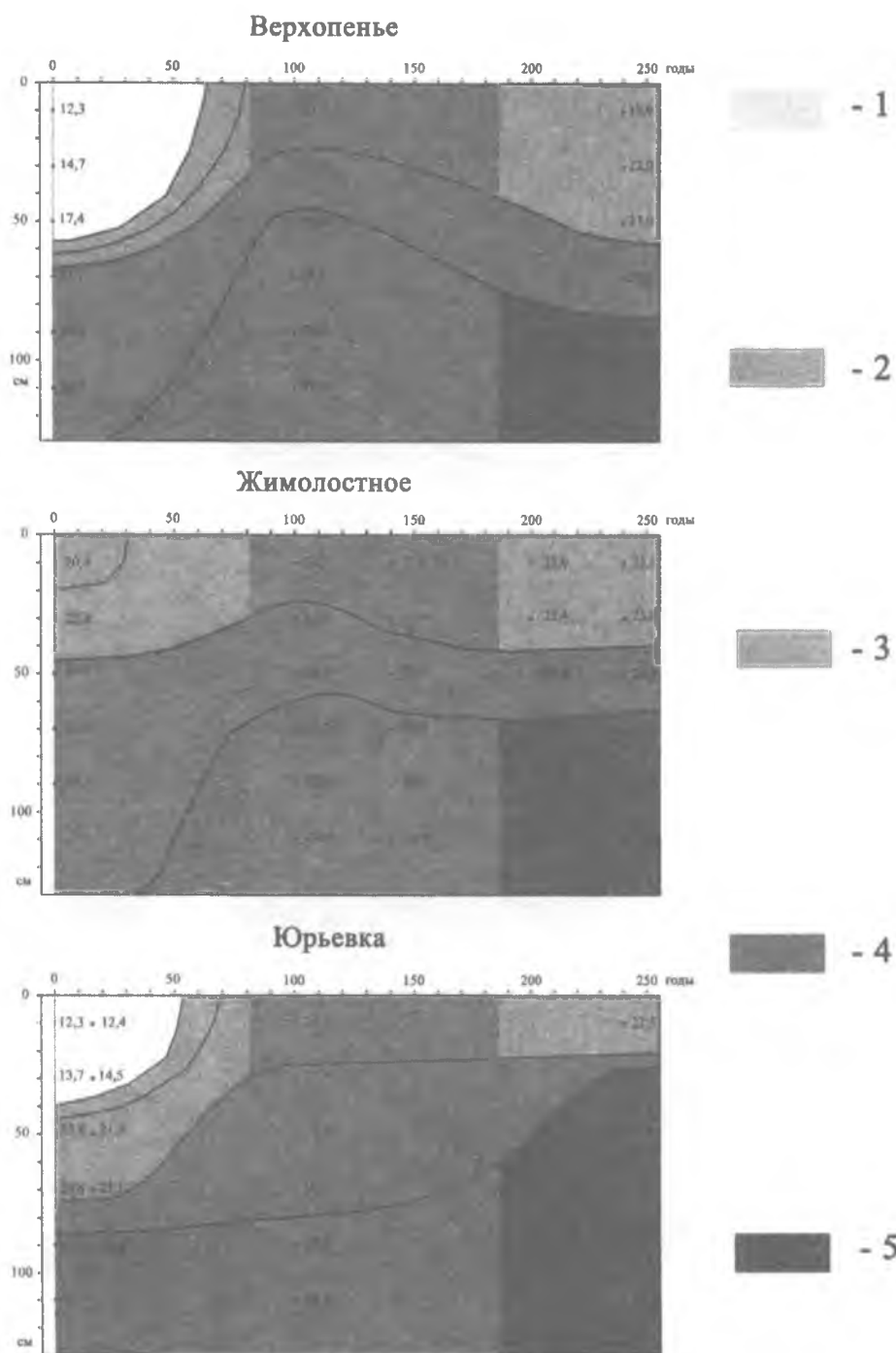
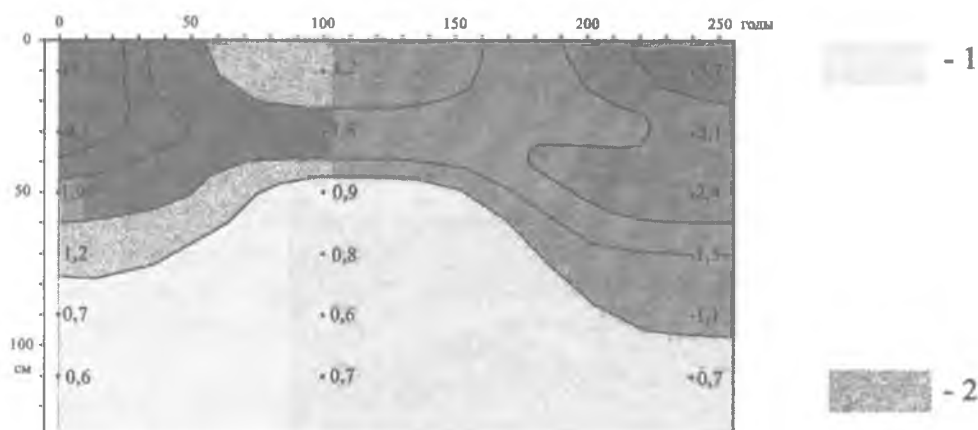


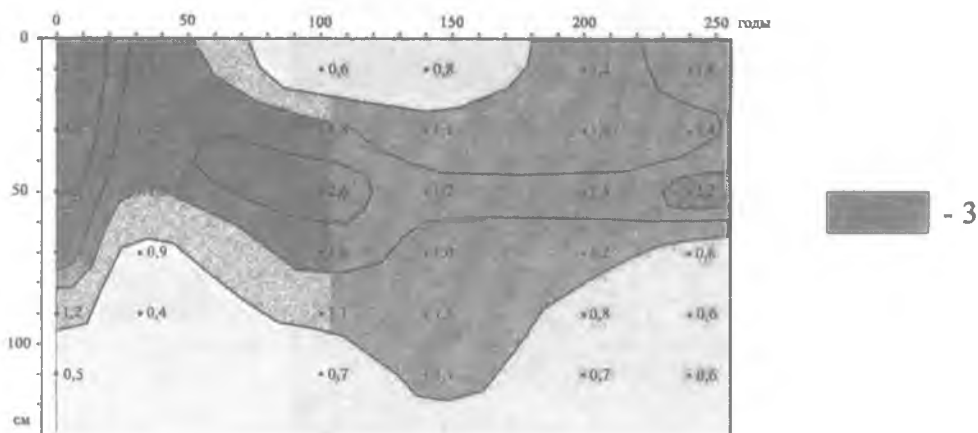
Рис. 3. Профильное распределение содержания ила (абс. %) в черноземах изученных агрохронорядов. Содержание ила: 1 – менее 18 %; 2 – 18-20 %; 3 – 21-23 %; 4 – 24-26 %; 5 – более 26 %. Каждый хроносрез, отмеченный цифрами (кроме 240-летней пашни

на участке «Верхопенье», единичный почвенный профиль), – среднее арифметическое из показаний двух почвенных профилей.

Верхопенье



Жимолостное



Юрьевка

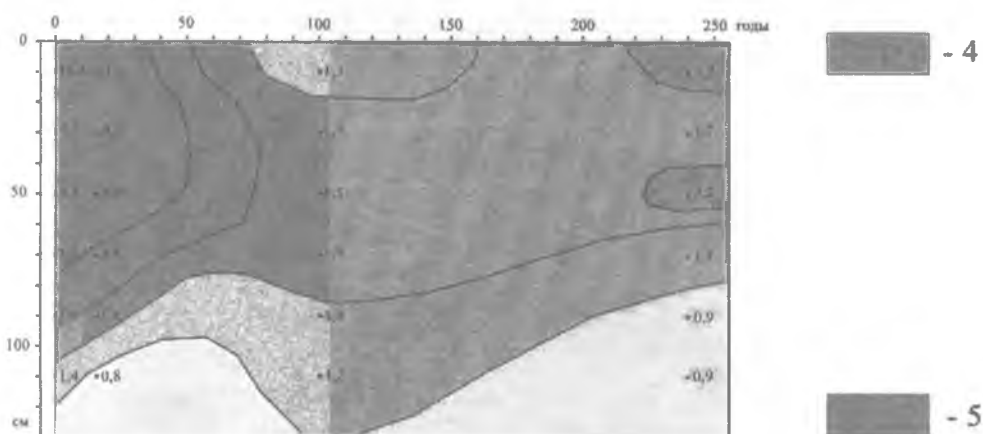


Рис. 4. Профильное распределение коэффициента структурности в черноземах изученных агрохронорядов. Коэффициент структурности: 1 – менее 1; 2 – 1-1,5; 3 – 1,51-2,0; 4 – 2,1-3,0; 5 – более 3,0. Каждый хроносрез, отмеченный цифрами (кроме 240-летней пашни на участке «Верхопенье», единичный почвенный профиль), – среднее арифметическое из показаний двух почвенных профилей.

4. Недоучет эффекта снижения мощности гумусовых профилей пахотных черноземов на абсолютно ровных водоразделах (на 11 см за 200 лет распашки и, в основном, из-за уплотнения) мог привести к завышенным расчетам потерь гумуса и мелкозема в результате склоновой эрозии пахотных черноземов Белгородской области (Ахтырцев, Соловиченко, 1984).

5. Полученные сведения важно учитывать в разработке почвоохранных мероприятий, а также для уточнения существующих представлений об интенсивности протекания процессов, обусловленных распашкой лесостепных черноземов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-05-97512-р_центр_а.

Литература

1. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО / Под общ. редакцией А.П. Щербакова, И.И. Васенева. – Курск, 1996. – 330 с.
2. Афанасьева Е.А. Черноземы Средне-Русской возвышенности. – М.: Наука, 1966. – 224 с.
3. Ахтырцев Б.П., Соловиченко В.Д. Почвенный покров Белгородской области: структура, районирование и рациональное использование. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1984. – 267 с.
4. Ахтырцев Б.П., Шевченко Г.А. Влияние сельскохозяйственного освоения на серые лесные почвы западной части ЦЧО // Почвоведение и агрохимия. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1970. – Вып. 2. – С. 31-48.
5. Бутова Л.С., Парфенова О.А., Щербаков А.М. Процессы оглинивания в черноземах различных угодий // Международная конференция студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-96», Москва, 1996 г.: Тез. докл. – Почвоведение. – М., 1996. – С. 10.
6. 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.
7. Лебедева И.И. Гидрологические профили миграционно-карбонатных (типичных) черноземов и агрочерноземов // Почвоведение. – 2002. – № 10. – С. 1214-1223.
8. Уваров Г.И. Заповедник «Михайловская целина» как эталон сравнения свойств целинных и антропогенных почв северо-востока Украины. – Харьков, 1997. – 4 с. – Информационный листок № 136-97.
9. Ушачева Т.И., Звягинцев С.С. Изменение морфологических свойств темно-каштановых остаточно-солонцеватых почв в результате сельскохозяйственного использования // Степи Северной Евразии: стратегия сохранения природного разнообразия и степного природопользования в XXI веке: Материалы Международного Симпозиума. – Оренбург, 2000. – С.385-386.

УДК 911.37 (470.345)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ГОРОДА БЕЛГОРОДА

С.Н. Шибаева, А.Н. Петин, Т.Н. Фурманова

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия

Экологическая обстановка в современной городской среде характеризуется сосредоточением населения, промышленности и транспорта на небольших площадях, что ведёт к увеличению антропогенной нагрузки на все компоненты городской среды: атмосферу, поверхностные и подземные воды, почвенный и растительный покров и т. д. Очевидно, что оставшиеся природные экосистемы не способны компенсировать нега-